

砕氷艦「ふじ」の氷海域行動調査

植田 靖夫* 竹澤 節雄*

An Investigation on Action of Icebreaker FUJI in the Antarctic Sea

By

Yasuo UETA and Setsuo TAKEZAWA

Abstract

The investigation on a ship acting at frozen sea was made on ice-breaker FUJI in 17th Antarctic Research Expedition.

While observation on circumstances of frozen sea and on ice-breaking actions of the ship were made as a matter of course, main purpose of the investigation at the time was to clear up the conditions of marine engine, especially propeller shaft load during its operating at the ice sea.

In consequence of the investigation, the following interesting matters are recognized on the engine and shafting.

1. When the ship is breaking hard ice, the measured values of propeller shaft torque distribute along the calculated line of bollard torque.
2. When the propeller blade touches with an ice block, an elevated peak torque and torsional vibrations are observed on the propeller shaft for an instant in two seconds or less. However there occur no cases to meet with such originally presumed load characteristics which would be caused by holding the ice block that the propeller is gradually restricted to rotate.
3. The Diesel engines are driven under the conditions of hard load fluctuation from about 70% load rating to M.C.R., due to repeated charging action of the ship at hard frozen area.

In case of selecting main Diesel engines of ice-breaker, a sufficient margin of engine power should be taken into consideration in order to keep their reliability, because they must be exposed to sever thermal load under the such conditions as mentioned above.

目次

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. まえがき | 4.2 氷状 |
| 2. 砕氷艦「ふじ」の概要 | 5. 氷海における砕氷行動 |
| 2.1 船体 | 5.1 氷海における行動の経過 |
| 2.2 機関部 | 5.2 チャージング砕氷航行 |
| 3. 17次観測支援行動の概要 | 5.3 爆砕氷 |
| 4. 南極氷海域の気象および氷状 | 6. 機関部の調査 |
| 4.1 氷海行動中の気象 | 6.1 主機の操作基準 |
| | 6.2 氷海行動中の主機関の挙動 |

* 機関性能部 原稿受付：昭和51年11月4日

- 6.2.1 実測の要領
- 6.2.2 チャージング砕氷時の機関の挙動
- 6.3 プロペラ負荷
 - 6.3.1 氷とプロペラの接触
 - 6.3.2 氷海中のプロペラ負荷
- 6.4 機関部の運転実績
- 6.5 機関の保守及び故障
 - 6.5.1 氷海停泊中の機関の保守
 - 6.5.2 機関関係の故障
- 6.6 砕氷船の機関の考察
 - 6.6.1 氷海中での常用最大出力
 - 6.6.2 ディーゼル機関の出力の余裕度
 - 6.6.3 望ましい機関出力特性
- 7. 結論
- 8. あとがき

1. ま え が き

最近の世界的な資源対策の動きの一つとして、北方極地域の埋蔵資源の開発利用が取沙汰されているが、これに伴う輸送手段ということで、氷海域での船舶による大量輸送問題が真剣に考えられるようになった。このため米ソを中心に着々と大形砕氷船の増強が行われている、また関係国の間では氷海域行動船舶の基礎的研究と、技術開発が、豊富な実地経験を基に意欲的に進められているのが現状である。

一方、我国はその地理的条件から、本格的な氷海域を周辺に持たないということもあって、砕氷船またはその他の氷海域行動船舶という面では限られた経験と実績しか持たなかったのが実情であろう。しかし有数の造船国として、今後の世界の諸情勢に対応するためには、我国としても問題の重要性を認識した上で、氷海域行動船舶の研究開発に積極的に取り組む必要があるかと考えられる。

そこで当研究所は将来に向けてこの分野の研究に力を入れることとして、その手はじめに昭和50年度より「氷海に関する調査研究」と題した基礎調査を開始した。その間この調査研究の一環として、特に南極観測艦「ふじ」に調査員が乗船して、第16次に引続いて、第17次南極観測支援行動の実情を実地に調査する機会を得た。

本報告は今回の第17次航に対する乗船調査を基にして、南極海域の事情および「ふじ」の氷海域行動の諸状況をとりまとめるとともに、特に重点項目として調査した、氷海域での「ふじ」機関部の挙動の実測結果

について述べるものである。

2. 砕氷艦「ふじ」の概要

「ふじ」はそれまで南極観測に使用されてきた「宗谷」に代るものとして、昭和40年に建造された自衛艦であるが、その後毎年南極観測支援行動を繰返して、今回の17次で11回目の極地活動を果たしたことになる。しかし当初計画よりも遥かに苛酷な運航条件が度重なったこともあって、10年を経た今日、主として主機ディーゼルを始め、機器、艦装各部に老朽化が指摘されるに至っている。しかしこれらの事実はこれまでの運航経験とともに、今後の砕氷船計画にとって貴重な教えを与える資料ともなる筈である。

船としての「ふじ」の詳細については、建造当時すでに各方面に披露されているので、改めて詳しく述べる必要もないが、本調査に関連する事項を中心にその概要にふれておく。

2.1 船体

本船の主要目を表-2.1に、また全体配置の概略を図-2.1に示す。

表-2.1 「ふじ」主要目

竣工	1965年
建造所	日本鋼管鶴見造船所
排水量(満載)	8,566トン
全長	100m
最大幅	22m
深さ	11.8m
喫水	8.8m
速力	16kT
航続距離	15kT—15,000マイル
主機型式	ディーゼル—電気推進方式
軸出力	12,000PS
軸数	2
乗員	235名
航空機	ヘリコプター 3機搭載

船型としては船首楼付3層全面甲板型で、水線下は平面部が皆無で、中央付近断面形状は図-2.1のように、ほぼ円弧状である。船首は水線上2m付近から30°傾斜をつけて、氷盤への乗上げ砕氷の効果を期待する。

第1甲板中央部は航空機格納庫関係区画で、後部はヘリコプター発着甲板となる。

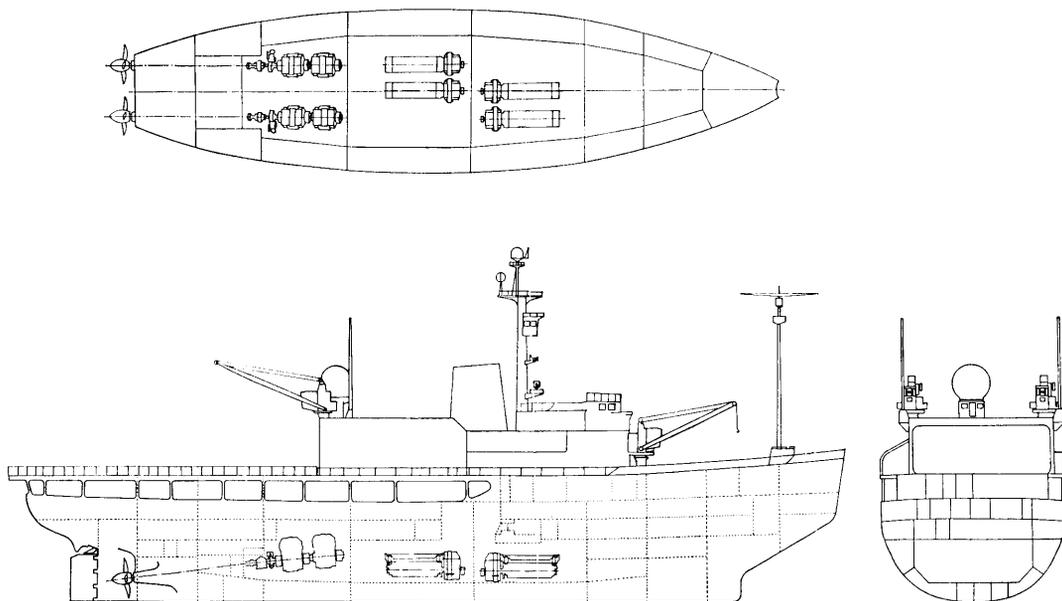


図-2.1 「ふじ」の全体配置概略図

砕氷行動の関係で、ビルジキールはなく、減揺装置として第1甲板と第3甲板の間に3対のポンプ型減揺タンクを備える、また砕氷活動を助けるため、3対のヒーリングタンクと一対のトリミングタンクを備えている、ヒーリング性能は1分間で傾斜角4.5度、またトリミングはトリム変化量1.42mである。

機械室は船体中央にあり、第1、第2、第3とそれぞれ独立した3区画からなり、推進用電動機は後部の第3機械室に置かれる。

第2甲板以下の両舷および船底の2重構造部はバラスタタンクを兼ねた燃料および清水等のタンクになっている。

2.2 機関部

推進装置としては、砕氷行動中のプロペラ負荷、或は操縦性の要求から、ディーゼル直流発電—直流電動機方式が採用されている。これらの機器および主要補機の要目を表-2.2、2.3にしめす。

表-2.2 「ふじ」搭載主機関主要目

(1) 推進用発電原動機	
製造所	三菱重工業株式会社横浜造船所
名称、型式	横浜 MAN V8V 30/42 AL
	4 サイクルランクピストン形
	排気ターボ過給方式ディーゼル
数	4基
定格回転数	600 rpm

定格出力	3,500 PS
シリンダ数	16
シリンダ径	300 mm
行程	420 mm
最高爆発圧力	80 kg/cm ²
(2) 推進発電機	
製造所	富士電気製造株式会社
型式	全閉自己通風冷却器付直流三界磁式
数	4基
電圧	850V
電流	2,850A
回転	600 rpm
出力	2,420 kw
(3) 推進用電動機	
製造所	富士電気製造株式会社
型式	全閉他力通風冷却器付直流他圧力 220V
数	2基(4台 2台ずつタンデム構造)
電圧	850V
電流	2,850A
回転数	110(強め磁界)/150(弱め磁界)
出力	2,250×2 kw
(4) プロペラ	
数	2
直径	4,900 mm
ピッチ	3,420 mm
展開面積	10,071 mm
羽根数	4

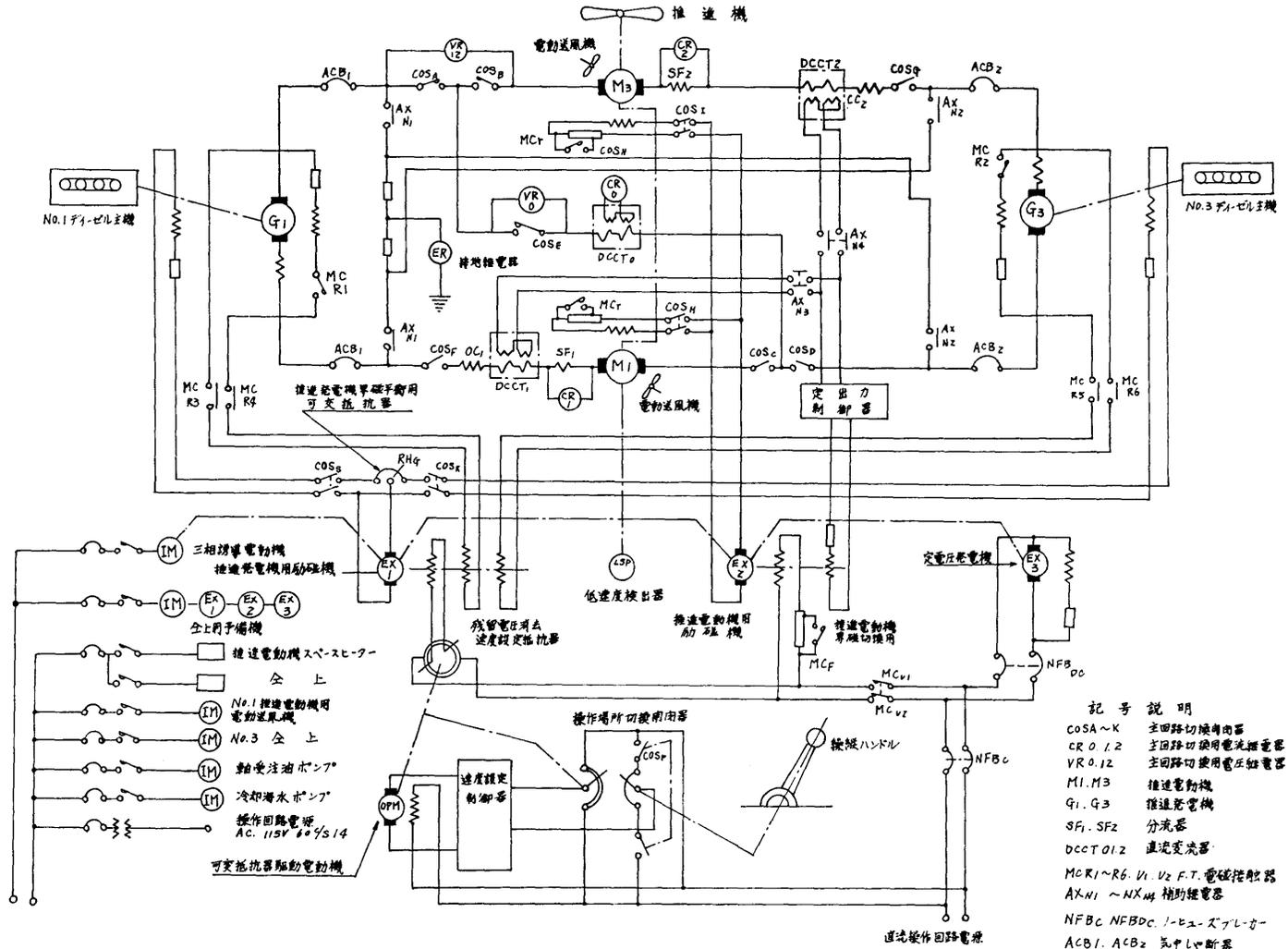


図-2.2 主推進電気系統の略図

30日63°S, 41°10' Eの流氷縁から氷海に進入を開始, 流水域から定着氷域へと砕氷航行を行いながら, 昭和基地より34.3マイル(68°31' S, 38°43.8' E)の地点まで南下した。

昭和51年2月19日, 第17次越冬隊員と物資の輸送および昭和基地支援作業を完了, 第16次越冬隊員と第17次夏隊員を収容し反転北上を開始, 2月24日167°56.7' S, 38°03.4' Eの地点で氷海を離脱, 4月19日東京港に帰港した。

途中, 往航時にはオーストラリアのフリーマントル港(観測隊オブザーバー2名乗船, 食糧品補給), 復航時にはモーリシャスのポートルイス港(第16次越冬隊員, 観測隊オブザーバー2名下船)およびシンガポール港に寄港した。

全航海における「ふじ」の行動日数は147日, 航走距離18,517.8マイルで, その内南極圏(南緯55°以南)における行動日数は71日, 全行程の平均速度は10.7KTであった。図-3.1に航跡図を, 表-3.1~3.5に航海

関係諸表をしめす。

全航程で, 氷海中を除くと大きな低気圧にも遭遇せず極めて平穏な航海であった。往航時の12月5日にロンボック海峡を通過して印度洋へ出た所で, オーストラリア北西岸に低気圧(サイクロン34号)が発生, 南西に移動中のため針路を西寄りに変更, これを避航しながらフリーマントルに入港した。図-3.2に低気圧の経路と本船避航針路との関係をしめす。

南緯40°から60°にかけて, 低気圧が大体3日ぐらいの周期で通過し定常的に強い偏西風を主とした暴風圏を形成している。今航において本船は, 低気圧と低気圧の間を航行する状態となり, 往復航ともおおむね平穏裡に通過した。暴風圏航行時の最大風速は, 往航時30KT, 復航時34KTが最高で, 波浪階級はいずれも2~4でクリノメーターによる船体の動揺角は左30°, 右27°が最高であった。図-3.3に往航時の12月22日の気圧図と当日の本船位置をしめす。

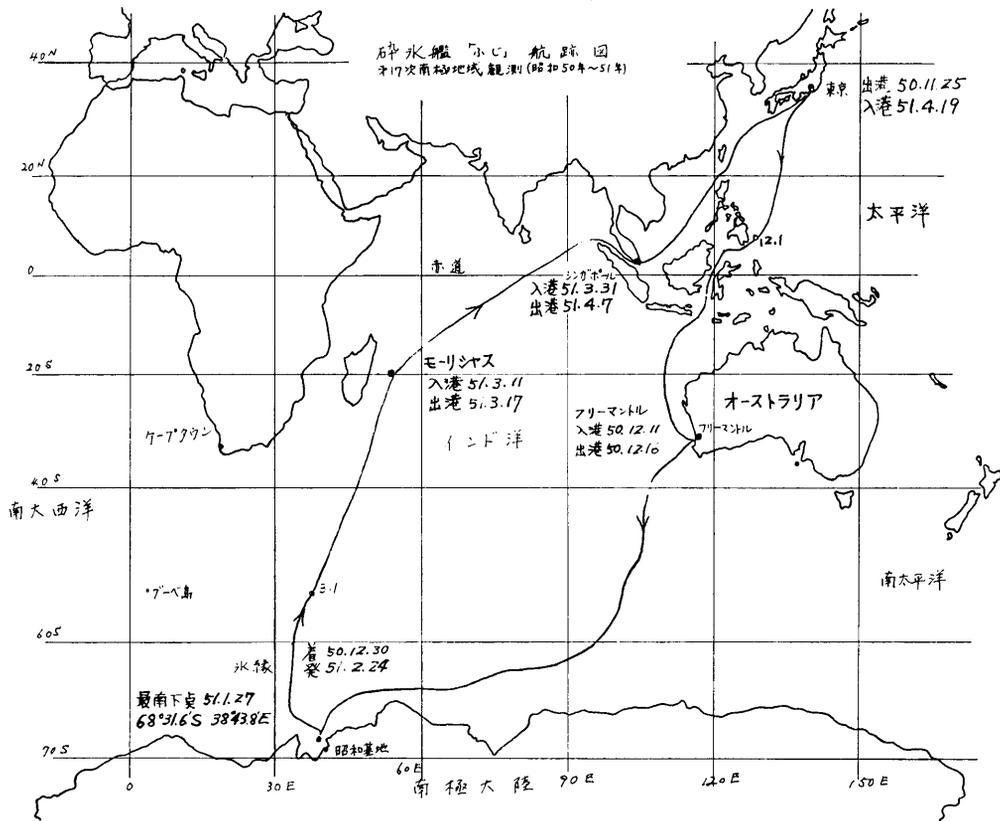


図-3.1 「ふじ」航跡図

表-3.1 航海諸表(その1)

東京-フリーマントル

年月日	使用時間帯	1200 LMT 船位		航海時間 h-m	航走時間 h-m	実測航程 Mil	平均速力 Knot	気象, 海象 1200 LMT				気温		備考
		緯度	経度					天気	波浪 階級	うねり 階級	風向風速 kt	最高 °C	最低 °C	
50. 11. 25	I	35°-31.9'N	139°-49'E	13-00	12-51		10.8	○	1	0	ESE 6	15.0	8.5	11°00' 最高 最低
26		31°-38.4'N	137°-39.8'E	24-00	24-00	291.3	12.1	⊙	2	N 1	NNE 8	20.3	15.1	
27		27°-00.8'N	135°-19.0'E	〃	〃	302.1	12.6	○	3	SE 1	SSE 18	23.9	20.0	
28		22°-12.2'N	133°-22.8'E	〃	〃	312.2	13.1	⊙	2	E 1	NE 13	26.3	23.3	
29		17°-24.5'N	131°-37.5'E	〃	〃	300.4	12.4	⊙	2	E 1	E 14	27.5	26.0	
30		13°-02.2'N	129°-01.5'E	〃	〃	299.4	12.5	⊙	3	E 1	ENE 15	29.1	27.0	
12. 1		8°-05.0'N	126°-57.0'E	25-00	25-00	401.5	14.7	⊙	2	ENE 1	NNW 10	29.6	25.8	時刻帯変更
2	H	3°-11.0'N	123°57'0"E	24-00	24-00	324.7	13.5	⊙	1	WSW 1	SE 1	29.5	26.5	
3		0°-06.8'N	119°28.9'E	〃	〃	291.5	12.2	●	3	WSW 1	SW 18	28.1	24.2	12°34' 最高 最低 赤道通過
4		5°-01.0'S	118°-19.0'E	〃	〃	325.5	14.0	⊙	3	NNW 1	NW 17	29.2	25.5	
5		9°-36.0'S	115°-15.5'E	〃	〃	294.7	12.3	⊙	3	WSW 1	W 22	29.4	25.8	
6		12°-51.5'S	112°-39.5'E	〃	〃	253.9	10.5	⊙	4	SW 3	WSW 16	27.4	25.5	
7		16°-45.5'S	111°-07.2'E	〃	〃	281.3	11.7	⊙	4	S 4	SW 22	26.6	23.8	
8		21°-09.5'S	110°-52.5'E	〃	〃	257.5	10.7	⊙	3	SSW 4	SW 15	25.3	23.1	
9		25°-27.6'S	112°-10.9'E	〃	〃	277.5	11.5	○	3	SSW 4	SW 16	24.8	22.6	
10		29°-53.9'S	113°-56.0'E	〃	〃	262.2		⊙	4	SSW 3	SW 24	22.4	18.3	
11														10°44' 77°-24.4' 入港

フリーマントル-氷縁

12. 16	H	31°-53.7'S	115°-27.8'E	14-51	14-51	154.7	10.4	○	2	SW 1	S 16	23.0	17.9	10°00' 77°-24.4' 出港
17	G	34°-26.0'S	111°-36.0'E	24-00	22-10	244.9	11.1	⊙	3	SE 3	E 20	18.5	15.5	時刻帯変更
18		38°-00.8'S	108°-58.0'E	〃	22-38	269.8	11.9	⊙	2	SW 3	SSW 7	15.4	13.4	
19		42°-05.5'S	109°-00.8'E	〃	20-17	231.1	11.2	⊙	3	SW 1	NNW 18	13.2	11.0	
20		46°-18.0'S	109°-06.7'E	〃	21-53	240.4	11.0	⊙	4	W 3	NW 20	10.6	6.0	
21		49°-23.0'S	106°-23.5'E	〃	21-27	228.9	10.7	○	3	SW 3	W 16	6.9	4.9	
22		53°-11.0'S	102°-32.0'E	〃	23-36	290.3	12.3	⊙	4	NNW 1	NE 30	6.0	2.9	5.55° 通過 E 10.2°
23		57°-09.0'S	101°-21.0'E	25-00	24-17	262.9	11.7	⊙	3	N 1	NNW 18	3.2	1.5	時刻帯変更
24	F	60°-05.8'S	94°-46.6'E	〃	24-36	274.0	11.2	⊙	4	NE 3	ESE 24	1.5	-0.7	時刻帯変更
25	E	62°-32.5'S	87°-06.8'E	24-00	24-00	287.4	12.0	⊙	4	SSE 3	SSE 24	0.2	-0.7	
26		62°-21.0'S	78°-10.0'E	〃	〃	296.9	12.4	⊙	2	SW 1	NW 9	0.2	-1.3	
27		64°-08.2'S	67°-44.5'E	25-00	25-00	311.6	12.5	⊙	3	N 1	SE 12	-0.2	-1.1	時刻帯変更
28	D	65°-11.5'S	59°-52.5'E	24-00	19-34	188.2	9.6	⊙	1	NNW 1	WSW 10	0.5	-1.2	
29		64°-51.7'S	50°-27.0'E	25-00	24-12	257.9	10.7	⊙	2	WSW 1	W 16	0.6	-1.6	時刻帯変更

氷海 50.12.30. 14°45' 氷縁着・51.1.5. 12°19' 定着氷進入・51.2.19. 08°00' 反転北上開始, 16°00' 定着氷離脱・51.2.24. 14°00' 氷縁離脱

12. 30	C	66°-39.2'S	42°-04.0'E	24-00	23-45	233.4	9.8	⊙	3	NNE 1	ENE 23	1.0	-3.0	23°15' 碎氷航行開始
31		68°-13.5'S	39°-35.0'E	〃	1-25	2.0	1.4	⊙	3	NNE 1	ENE 20	-0.8	-2.9	
51. 1. 1		68°-13.8'S	39°-33.5'E	〃	〃	〃	〃	⊙			ENE 10	1.2	0.8	
2		〃	〃	〃	2-28	0.7	0.28	⊙			ENE 2	1.5	-0.2	2027-2185 碎氷航行
3		68°-12.0'S	39°-44.0'E	〃	9-34	15.4	1.6	⊙			SSW 2	1.4	-2.1	1917-1951 碎氷航行
4		68°-16.0'S	39°-23.0'E	〃	〃	〃	〃	⊙			ENE 2	2.5	-4.7	
5		68°-23.6'S	38°-41.0'E	〃	7-03	21.0	3.0	⊙			WSW 6	-1.1	-5.9	0653-1957 碎氷航行 1958-1964 碎氷航行
6		68°-25.2'S	38°-41.7'E	〃	6-06	0.8	0.13	⊙			ENE 7	-0.1	-5.1	碎氷航行
7		68°-26.4'S	38°-41.3'E	〃	12-12	0.8	0.066	⊙			ENE 8	-0.4	-5.3	0158-2010 碎氷航行
8		68°-26.8'S	38°-41.1'E	〃	〃	〃	〃	⊙			E 8	-1.1	-7.0	
9		〃	〃	〃	〃	〃	〃	⊙			E 2	1.0	-11.0	
10		〃	〃	〃	〃	〃	〃	○			WSW 7	-1.1	-10.7	

表 3.2 航海諸表 (その2)

年月日	使用時間帯	1200 LMT 船位		航路時間	航走時間	実測航程	平均速力	気象, 海象			1200 LMT 気温		備考	
		緯度	経度					天気	波高	うねり	風向	風速		最高
				h-m	h-m	Mil	knot							
51. 1. 11	C	68°26' S	38°41' E	24-00	7-37	0.4	0.053	⊙			W 24	0.0	-6.0	0849~1626 砕氷航行
12		68°27' S	38°41' E	"				⊙			ENE 10	-0.1	-7.3	
13		68°27' S	38°41' E	"	15-02	0.9	0.06	⊙			ENE 41	1.1	-2.0	0759~2300 砕氷航行
14		68°28' S	38°41' E	"				⊙			ENE 21	1.7	-0.8	
15		"	"	"				⊙			E 10	4.0	-2.6	
16		"	"	"				⊙			WSW 5	1.3	-4.2	
17		68°28' S	38°41' E	"	16-01	1.2	0.075	⊙			ENE 24	2.0	-2.2	0756~2357 砕氷航行
18		68°29' S	38°41' E	"	16-28	1.3	0.077	⊙			S 2	2.0	-4.8	0756~2357 砕氷航行
19		68°30' S	38°42' E	"				⊙			WSW 2	-0.6	-6.0	
20		"	"	"				○			ENE 6	3.0	-7.5	
21		"	"	"				○			ENE 6	2.9	-5.8	
22		"	"	"				○			WSW 4	-1.0	-9.4	14 ^h 25 ^m 7127 ^h 0 ^m 入
23		"	"	"				⊙			C 0	-2.8	-7.0	
24		"	"	"				○			W 2	-1.9	-9.2	
25		"	"	"				○			C 0	0.0	-9.5	13 ^h 35 ^m 7127 ^h 0 ^m 入
26		"	"	"				⊙			WNW 6	0.0	-6.4	
27		"	"	"	7-04	0.75	0.11	⊙			ENE 7	0.1	-3.0	1256~2300 砕氷航行
28		68°31' S	38°43' E	"				⊙			N 1	0.2	-2.6	
29		"	"	"				⊙			SE 2	-2.0	-5.0	
30		"	"	"				⊙			WSW 2	-1.8	-9.2	
31		"	"	"				⊙			S 4	-5.0	-12.0	
2. 1		"	"	"				⊙			NNE 2	-1.7	-9.9	
2		"	"	"				⊙			C 0	-1.3	-7.1	
3		"	"	"				⊙			E 26	-2.0	-6.3	
4		"	"	"				⊙			ENE 26	-0.9	-2.6	
5		"	"	"				⊙			ENE 27	-0.6	-1.6	
6		"	"	"				⊙			ENE 24	-1.0	-2.9	
7		"	"	"				⊙			ENE 6	-1.3	-5.5	
8		"	"	"				⊙			C 0	-2.8	-9.8	
9		"	"	"				⊙			E 13	-4.0	-11.7	
10		"	"	"				⊙			E 10	-2.9	-8.1	
11		"	"	"				⊙			NNE 11	-1.5	-5.2	
12		"	"	"				⊙			ENE 19	-2.4	-3.3	
13		"	"	"				⊙			SSE 5	-2.6	-8.6	
14		"	"	"				⊙			ESE 24	-0.8	-6.0	
15		"	"	"				⊙			E 16	1.2	-2.0	
16		"	"	"				⊙			W 9	-1.9	-8.0	
17		"	"	"				○			WSW 14	-3.0	-8.1	
18		"	"	"				⊙			C 0	-2.1	-8.7	
19		68°31' S	38°43' E	"	11-14	6.1	0.5	⊙			C 0	-2.2	-11.5	0800 反転開始
20		68°26' S	38°41' E	"	10-41	4.7	0.4	⊙			ESE 10	-0.5	-3.9	0154~2240 砕氷航行
21		68°14' S	38°46' E	"	15-10	34.4	2.3	⊙			ENE 8	-1.5	-3.1	0800~2307 砕氷航行
22		67°53' S	39°01' E	"	2-56	25.7	8.8	⊙		ENE 1	E 12	-0.8	-4.9	0800~1055 砕氷航行
23		67°58' S	38°30' E	"				⊙		NE 2	ESE 9	-3.0	-8.7	防壁作業
24		67°58' S	38°07' E	"	10-58	96.8	8.8	⊙		E 2	ESE 10	0.1	-12.2	

表-3.3 航【海】諸表(その3)

氷嶺-ポートルイス

年月日	使用時間 時分	1200LMT 船位		航海時間 h-m	航走時間 h-m	実測航程 Mil	平均速力 knot	気象, 海象 1200 LMT				気温		備考
		緯度	経度					天気	波浪 H/M	うねり H/M	風向風速 KF	最高 ℃	最低 ℃	
51. 2. 25	C	67°48'3"S	38°17'0"E	24-00	14-16	136	9.5	☉	3	E 1	E 14	0.3	-1.0	
26		65°55'3"S	33°49'0"E	"	20-16	172.3	8.5	☉	4	E 3	ESE 24	1.8	0.5	
27		63°06'7"S	33°31'5"E	"	19-42	168.7	8.6	☉	2	NW 4	SE 2	2.8	1.1	
28		60°19'4"S	33°38'5"E	"	19-12	167.1	8.7	●	3	NW 4	ENE 18	3.0	1.2	
29		57°41'3"S	33°45'0"E	"	19-48	201.7	10.2	☉	4	SW 4	WSW 34	4.3	2.3	
3. 1		53°47'1"S	37°27'8"E	"	24-00	270.0	11.3	●	3	W 4	NNE 17	6.3	2.8	
2		50°27'0"S	40°29'0"E	"	21-10	232.4	10.5	●	4	WNW 4	W 25	6.4	5.0	
3		46°33'5"S	42°44'5"E	"	22-27	261.2	11.6	☉	3	SW 3	SSW 8	8.3	6.4	
4		42°48'0"S	45°15'0"E	"	21-59	260.3	11.8	☉	2	SW 1	SW 14	15.0	7.7	
5		38°31'8"S	48°08'8"E	"	24-00	292.0	12.2	☉	3	SSW 1	S 13	19.2	15.7	
6	D	34°44'8"S	50°24'9"E	23-00	20-45	240.1	11.9	☉	2	SE 1	SSW 5	23.6	19.2	時刻帯変更
7		30°45'05"S	52°18'0"E	24-00	24-00	273.1	11.4	☉	3	S 1	S 17	25.1	22.6	
8		27°15'2"S	54°01'0"E	"	19-57	227.3	11.4	☉	2	SSE 1	ESE 2	27.0	24.7	
9		22°58'8"S	43°00'E	"	24-00	274.1	11.4	☉	3	S 4	SE 10	27.9	26.3	
10				8-52	8-50	100.8	10.3	☉	3		ESE 15	31.0	26.5	0852 ポートルイス港外泊
11				0-25	0-23	1.7	4.4	☉	1		W SW 10	33.7	26.5	1000 着岸

ポートルイス-ツンカホール

3. 16				0-47	0-24	4.3	10.7	☉	1		ENE 15	32.0	25.5	0955 ポートルイス港外泊
17		19°41'9"S	57°43'6"E	14-57	14-53	163.2	11.0	☉	3	F 1	ESE 11	28.3	26.0	0903 ポートルイス出港
18		17°13'1"S	61°23'8"E	24-00	24-00	261.9	10.9	☉	3	ESE 3	SSE 12	28.2	26.8	
19		14°23'3"S	64°38'8"E	23-00	23-00	238.2	10.4	☉	3	NE 4	SE 20	28.1	25.6	
20	E	11°17'9"S	66°25'1"E	24-00	24-00	250.8	10.5	☉	2	SE 3	S 3	28.0	24.5	時刻帯変更
21		9°14'1"S	70°37'9"E	"	"	286.5	11.9	☉	2	SE 1	W 15	30.0	26.4	
22		6°50'0"S	73°29'0"E	"	22-44	253.3	11.2	☉	2	SE 1	SW 10	29.4	27.3	
23		4°41'3"S	77°14'1"E	"	24-00	290.2	12.1	☉	3	SSE 1	WSW 7	30.2	27.1	
24		2°00'8"S	81°42'0"E	23-00	23-00	307.7	13.4	☉	3	SSE 1	W 14	29.5	26.5	時刻帯変更
25	F	0°32'2"N	86°09'9"E	24-00	24-00	278.1	12.4	☉	2	W 2	WSW 11	27.2	24.2	0930 0925 通過通過
26		2°47'0"N	90°09'0"E	"	"	277.8	11.6	☉	2	SW 1	S 10	28.9	26.2	
27		5°25'6"N	93°58'5"E	"	23-00	272.9	11.8	☉	2	SE 1	SSE 6	29.5	27.7	
28	G	5°54'8"N	97°35'3"E	24-00	24-00	274.5	11.4	☉	1	0	NE 2	30.1	28.0	時刻帯変更
29		3°33'6"N	100°12'3"E	23-30	20-26	226.3	11.1	☉	2	0	WSW 12	29.1	26.1	
30		1°11'0"N	103°34'9"E	14-15	13-57	143.5	10.2	☉	1	0	WNW 5	30.0	25.8	1415 3300 通過通過
31				0-51	0-26	3.0	6.9	☉			E 4			1126 着岸

ツンカホール-東京

4. 7		1°16'7"N	104°11'1"E	13-12	13-03	192.3	14.7	☉	0	E 1	E 2	29.9	24.0	1018 ツンカホール出港
8	H	6°08'0"N	107°22'6"E	24-00	24-00	370.5	15.4	☉	1	NE 1	SSE 7	29.0	26.9	
9		18°43'8"N	111°24'0"E	"	"	360.9	15	☉	1	NE 1	S 8	28.6	27.0	
10		14°59'3"N	115°54'3"E	"	"	373.2	15.6	☉	4	NE 3	E 19	26.3	23.7	
11		19°27'5"N	119°59'0"E	"	"	305.8	12.7	☉	3	E 4	ENE 12	24.5	23.2	
12		23°1'6"N	122°51'0"E	23-00	23-00	279.5	12.2	☉	2	E 1	SSE 4	25.0	22.8	
13	I	26°28'2"N	125°52'8"E	24-00	23-48	256.4	10.8	☉	3	ENE 3	NW 18	22.9	18.8	
14		28°49'0"N	129°24'2"E	"	24-00	233.4	9.7	☉	4	ESE 4	N 15	19.2	16.5	
15		31°55'2"N	132°21'0"E	"	"	259.2	10.8	☉	2	E 4	SSE 8	19.6	16.0	
16		33°29'3"N	136°23'0"E	"	"	261.9	10.9							0833 東京港外泊
17				8-33	8-25	95.6	11.4							

表-3.4 航程と船速

母 港	航年時間 時-分	航走時間 時-分	航程 マイル	平均船速 kt	停泊時間 時-分
東京 フリーマントル	381-56	380-07	4707.3	12.4	フリーマントル 122-07
フリーマントル 氷 海	345-42	325-53	3703.1	11.4	
氷 海	1343-15	155-49	186.7	1.2	
氷 海 ポトリス	354-17	314-53	3373.5	10.7	ポトリス 166-59
ポトリス シンガポール	315-20	309-55	3552.2	11.5	
シンガポール 東京	236-45	236-16	2995.0	12.7	シンガポール 187-12
合 計	2977-15	1722-55	18517.8	10.7	476-18

表-3.5 排水量と喫水

		排水量 (t)	喫 水			トリム (m)	備考
			df (m)	de (m)	dm (m)		
東京	出港 50 [#] 11月25日	9,380	9.46	8.88	9.17	前 0.58	
	入港 12月11日	8,800	8.88	8.70	8.79	前 0.18	
フリーマントル	出港 12月16日	9,530	9.40	9.10	9.25	前 0.30	
	着 51 [#] 1月6日	9,000	8.96	8.90	8.93	前 0.06	
氷 海	発 2月21日	8,250	8.34	8.55	8.44	後 0.21	定着氷
	入港 3月11日	7,880	8.12	8.20	8.16	後 0.08	
ポトリス	出港 3月17日	7,970	8.20	8.24	8.22	後 0.04	
	入港 3月31日	7,600	8.21	7.92	8.02	前 0.20	
シンガポール	出港 4月7日	7,650	8.08	8.02	8.05	前 0.06	
	入港 4月19日	7,350	7.80	7.84	7.82	後 0.04	

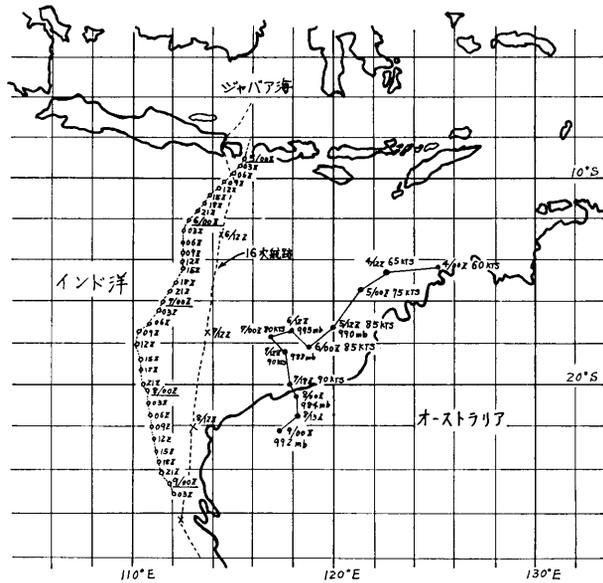


図-3.2 CYCLONE 34 の針路と避航航跡図

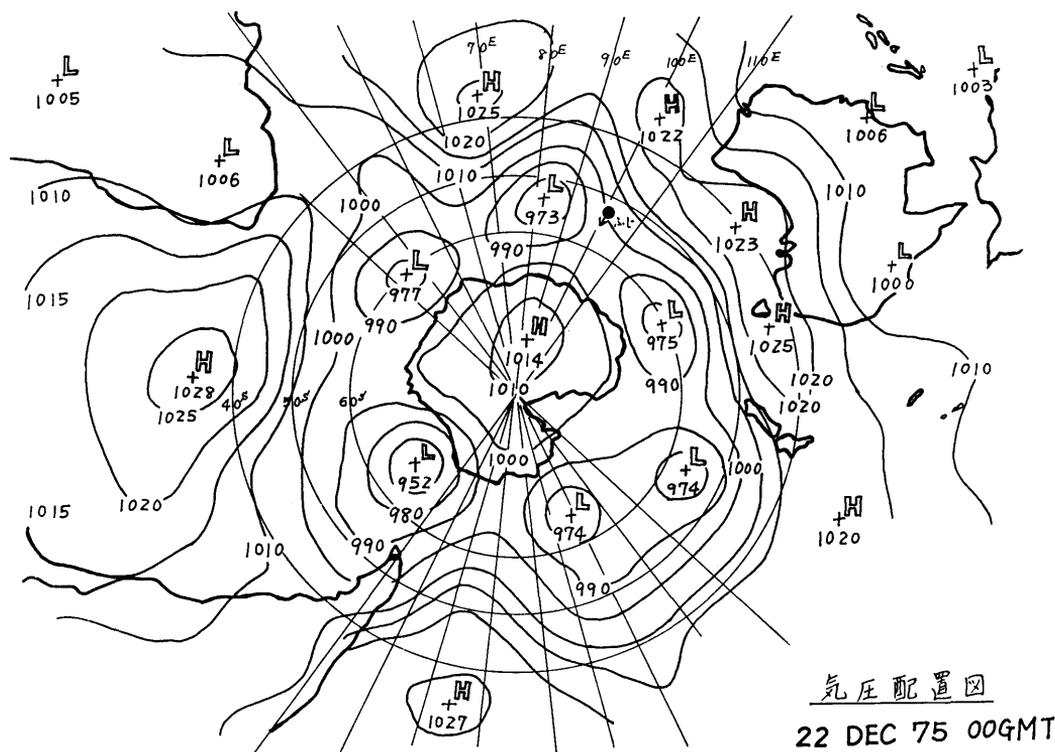


図-3.3 気圧配置図

4. 南極氷海域の気象および氷状

4.1 氷海行動中の気象

リュウオフォルム湾における気象資料としては、本船の各種の定常観測の他に、気象衛星 NOAA からの情報により雲の分布や、低気圧の状態を把握し、またキャンベラ、マラジョーヅァナ、ガム等の外国基地からの情報を収集した。

写真-4.1 に NOAA の受信記録の 1 例をしめす。白く流れて見えるのが雲の流れであり、その中心に低気圧が存在する。

氷海行動中の50年12月29日から51年2月23日までの57日間のリュウオフォルム湾付近の気象記録を表-4.1にしめす。57日間の毎正午の天候を調べると図-4.1のようになり8分量による晴天日数は43.9%で、その内快晴は12.3%となり、各気象の出現時数は、晴が33%で曇、雪、霧等が68%を占め、その内視界不良となる雪、霧等の出現時数は44%であった。気象観測の極値は、表-4.2にしめす通りで最低気温 -12.5°C 、最低気圧 966mb、最大風速 ENE 30m/s を記録した。

風速29KT以上の風が6時間以上持続するブリーザートには12月、1月、2月とそれぞれ1回ずつ計3回遭遇した。

図-4.2は主要低気圧の経路図で、図-4.3は2月4日～5日の毎時の気象変化を图示したものである。

平均の気圧、気温、風力等を平年値と比較すると、表-4.3のようになり、気圧は1月が大体平年並であったが、2月には平年より 6.4 mb 低く、平均気温は平年に比較して 1.0°C 低かった。風向は全般的にENEおよびE方向の風が多く出現した。図-4.4に風向ひん度図をしめす。

霧が発生し気温が零度以下になると霧が氷晶となって凍結し、船体各部に霧氷が付着することが知られているが、本航においてもロープやポールおよび手すり等に風上に向かって1～2cm程度に成長した霧氷が数回観察された。また本船では、各種の気象観測の他に、乗組員および観測隊員らにより、各種の海洋観測が行われている。参考のため、復航時に行われた海水の各層における水温、塩分濃度分布の測定結果の例を図-4.5および表-4.4にしめす。

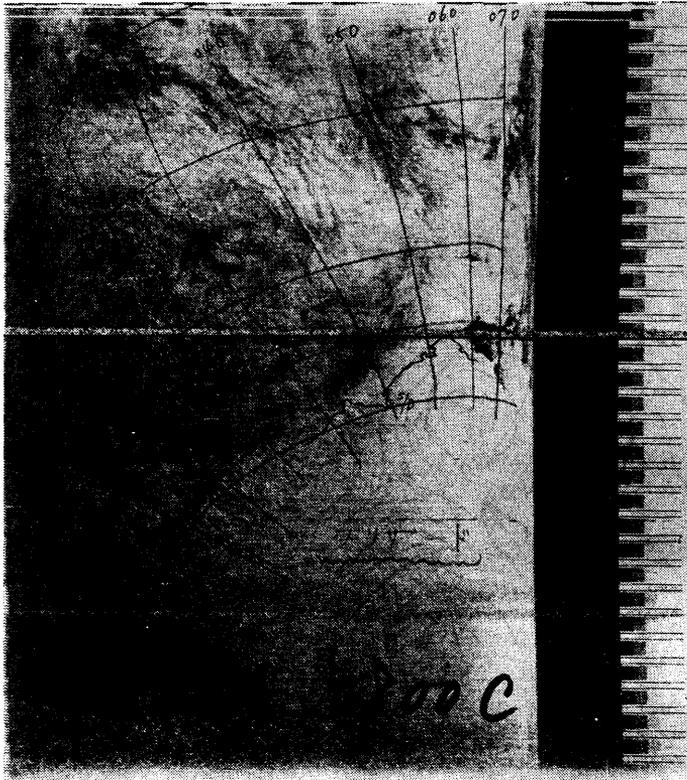


写真-4.1 NOAA受信記録 雲の分布

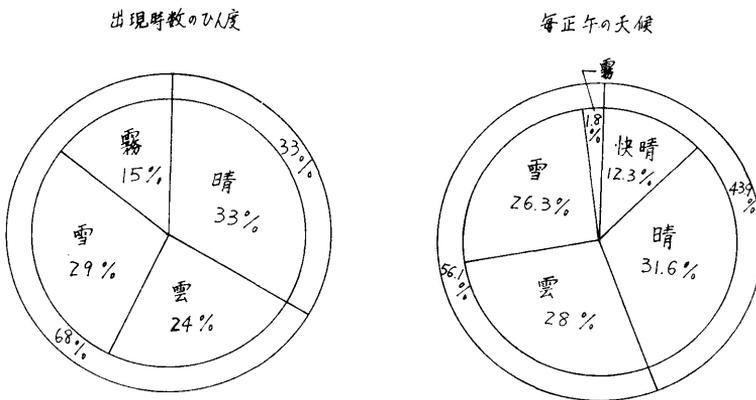


図-4.1 各天候の出現ひん度

表-4.1 リュッツオホルム湾付近の気候

50^年12^月29^日~51^年2^月23^日

項目 月日	1200Zの船位		海面気圧 (mb)			気温 (°C)			平均 水温 (°C)	平均 相対 湿度 (%)	風 (KT)				平均 風速 (KT)	平均 視程 (海里)	最少 視程 (海里)
	S	E	最高	最低	平均	最高	最低	平均			最大		瞬間最大				
											向	速	向	速			
50.12.29	64°56.7	49°30.3	1005.8	998.0	1002.1	1.0	-1.9	-0.1	-0.6	80	13	WSW	21			5.1	3.0
30	67°08.3	41°48.0	1001.5	984.2	989.4	2.4	-3.0	-1.0	-1.1	87	26	ENE	41	ENE	48	8.0	0.5
31	68°08.0	39°56.0	985.2	980.5	982.5	0.8	-2.6	-0.4	-1.9	89	18	ENE	41	ENE	45	8.0	0.3
51.1.1	68°08.0	39°56.0	991.2	983.7	988.1	1.5	-0.9	0.3	-1.8	87	08	ENE	13			7.6	2.0
2	"	"	991.1	987.2	989.5	1.9	-0.6	0.6	-1.8	83	03	ENE	08			7.5	5.0
3	68°15.2	39°25.0	987.2	982.8	984.4	2.6	-2.9	-0.7	-1.8	73	02	E	08			5.8	3.0
4	68°16.0	39°23.0	990.2	985.6	989.0	2.9	-5.9	-1.1	-1.8	74	04	W	09			2.8	0.8
5	68°24.8	38°42.5	993.6	989.9	991.7	-0.9	-5.9	-3.3	-1.9	85	05	W	08			5.5	0.2
6	68°25.5	38°41.5	994.9	993.1	993.9	1.0	-5.0	-1.8	-1.9	82	05	ENE	09			7.5	0.2
7	68°26.5	38°41.2	993.2	990.7	991.8	-0.1	-5.7	-2.3	-1.9	80	06	ENE	11			6.5	0.8
8	68°26.8	38°41.1	990.9	983.0	986.6	-0.9	-11.0	-4.1	-1.9	69	05	E	09			4.0	3.0
9	"	"	983.2	980.9	982.2	2.4	-11.3	-4.3	-1.8	68	04	SW	15			4.9	3.0
10	"	"	985.9	979.1	981.3	-1.1	-10.5	-5.0	-1.8	78	12	WSW	24	WSW	30	2.5	5.0
11	68°27.1	38°41.0	1003.3	985.8	997.2	0.2	-6.3	-3.2	-1.9	78	22	W	27	W	34	2.8	2.5
12	68°27.2	38°41.0	1004.2	993.5	1000.2	0.6	-7.3	-2.4	-1.9	77	12	E	21	E	29	5.0	1.5
13	68°27.7	38°41.3	993.7	985.9	989.3	1.2	-2.1	0.3	-1.9	74	32	ENE	43	ENE	52	7.8	2.0
14	68°28.1	38°41.5	1001.6	994.3	997.8	1.8	-0.9	0.7	-1.9	71	17	ENE	34	ENE	42	4.5	1.0
15	"	"	1006.1	1001.1	1003.9	5.2	-5.2	0.5	-1.9	76	09	ENE	15			3.4	1.5
16	"	"	1001.1	995.5	997.2	2.0	-5.2	-0.8	-1.9	76	12	ESE	25			1.8	4.0
17	68°28.6	38°41.5	998.3	995.2	996.2	2.5	-2.8	-0.1	-1.9	82	18	E	30	ENE	38	7.3	0.1
18	68°30.0	38°41.5	995.2	988.6	990.8	2.9	-5.8	-1.6	-1.9	76	08	WSW	16			2.4	2.0
19	68°30.9	38°42.6	996.9	989.7	993.4	0.0	-8.0	-3.1	-1.9	89	04	WSW	14			5.8	0.1
20	"	"	1000.7	996.9	999.3	4.5	-7.7	-0.8	-1.9	74	05	E	15			2.1	3.0
21	"	"	1009.1	998.1	999.6	3.7	-8.4	-1.5	-1.9	77	05	E	15			1.0	0.1
22	"	"	998.3	995.5	997.1	-0.8	-9.6	-3.9	-1.9	88	05	W	07			3.6	0.1
23	"	"	998.3	990.8	995.1	-2.5	-8.6	-5.4	-1.9	89	02	ESE	05			7.0	0.1
24	"	"	990.6	983.9	986.1	-1.6	-9.3	-5.9	-1.9	87	02	W	06			1.3	0.2
25	"	"	984.9	983.2	984.2	-0.2	-9.7	-4.8	-1.9	85	02	WNW	05			2.4	0.2
26	"	"	993.2	984.8	989.4	1.5	-8.0	-2.8	-1.9	83	05	ENE	10			4.9	0.2
27	68°31.1	38°42.8	994.4	992.3	993.9	0.2	-3.3	-1.1	-1.9	88	07	ENE	12			7.0	0.1
28	68°31.6	38°43.8	993.5	991.3	992.7	0.6	-2.9	-1.5	-1.9	80	03	ENE	08			7.5	0.1
29	"	"	992.3	985.9	988.8	-1.9	-5.1	-3.9	-1.9	79	03	E	11			7.4	1.5
30	"	"	987.0	984.9	986.0	-1.7	-9.9	-5.2	-1.9	82	04	W	06			6.0	0.1
31	"	"	989.7	986.9	989.0	-4.7	-12.0	-8.3	-1.9	90	01	S	04			6.4	0.1
2.1	"	"	990.8	988.3	989.1	-0.4	-10.2	-5.4	-1.9	84	04	W	11			7.0	0.3
2	"	"	993.5	990.0	992.1	-0.5	-7.7	-3.8	-1.9	83	08	E	16			6.1	3.0
3	"	"	990.3	986.1	987.4	-1.9	-7.1	-2.7	-1.9	86	21	ENE	27			8.0	0.1
4	"	"	987.0	972.3	980.4	-0.9	-2.8	-1.6	-1.9	87	30	ENE	43	ENE	53	8.0	0.1
5	"	"	987.4	989.5	980.3	-0.4	-2.2	-1.3	-1.9	89	30	ENE	48	ENE	59	8.0	0.0
6	"	"	993.9	987.0	991.3	-0.5	-3.0	-2.1	-1.9	85	19	ENE	25			7.4	1.1
7	"	"	993.7	988.1	991.2	-1.0	-8.0	-3.5	-1.9	78	06	E	16			3.8	5.0
8	"	"	988.7	985.1	986.2	-2.5	-11.9	-6.6	-1.9	74	04	E	14			2.9	2.5
9	"	"	987.8	984.0	985.5	-3.7	-11.9	-6.3	-1.9	68	07	E	17			6.0	3.0
10	"	"	991.9	987.3	991.1	-2.7	-8.5	-4.9	-1.9	80	10	E	13			7.0	2.0
11	"	"	991.3	987.3	989.9	-1.0	-4.5	-3.0	-1.9	87	15	E	24			7.5	0.1
12	"	"	987.8	984.5	986.1	-2.1	-5.0	-3.0	-1.9	87	17	ENE	23			7.6	0.3
13	"	"	988.9	978.2	984.8	-2.2	-8.9	-4.2	-1.9	71	13	ESE	21			4.3	1.5
14	"	"	978.0	970.5	973.4	-0.9	-7.2	-2.4	-1.9	84	24	ENE	29	ENE	38	7.5	0.2
15	"	"	973.5	965.7	969.3	1.3	-2.8	-0.5	-1.9	75	12	ENE	27			7.1	0.5
16	"	"	983.1	966.0	975.6	-1.2	-8.2	-5.6	-1.9	83	09	W	15			4.0	2.0
17	"	"	993.5	982.9	989.3	-2.9	-8.1	-6.4	-1.9	83	11	WSW	16			3.5	3.0
18	"	"	993.6	982.0	987.6	-1.6	-10.8	-6.3	-1.9	82	01	WSW	06			5.3	5.0
19	68°30.7	38°42.4	982.0	979.0	980.7	-2.2	-12.5	-5.2	-1.9	84	05	E	13			6.4	0.5
20	68°25.8	38°44.6	982.1	979.5	981.0	-1.8	-4.0	-2.7	-1.8	88	09	E	14			7.9	0.5
21	68°06.7	39°00.0	983.9	981.0	982.6	-1.3	-3.0	-2.2	-1.8	90	12	ENE	20			8.0	0.5
22	67°57.1	38°49.1	984.5	982.9	984.2	0.2	-6.7	-2.8	-1.8	85	15	E	29			7.3	4.0
23	67°58.0	38°30.0	990.8	984.1	987.2	-2.1	-11.4	-6.5	-1.8	77	08	SE	18			5.0	2.0

表-4.2 リュッツオホルム湾付近の気象極値
51.11~51.2.23

気温	最高	5.2°C	1月15日
	最低	-12.5°C	2月19日
気圧	最高	1006.1mb	1月15日
	最低	966.0mb	2月16日
最大風速	ENE	48KT (24.7%)	2月5日
最大瞬間風速	ENE	59KT (30%)	2月5日

リュッツオホルム湾におけるブリガト記録

No.	始 終 日 時 (Z)	継続時数 (h)	最低気圧 (mb)	最大風速 (KT)	最少視程 (m)
1	20 ⁰⁵ ~ 07 ⁴⁰ 12-30 ~ 12-31	11.6	980.5	ENE 41 G 48	300
2	16 ²⁵ ~ 22 ³⁰ 1-13 ~ 1-13	16.1	985.9	ENE 43 G 52	2000
3	14 ⁰⁵ ~ 08 ¹⁵ 2-4 ~ 2-5	18.2	969.7	ENE 48 G 59	0

〔注〕 平均風速 29 KT 以上で 連吹時間 6 時間以上のものをブリガトとした。

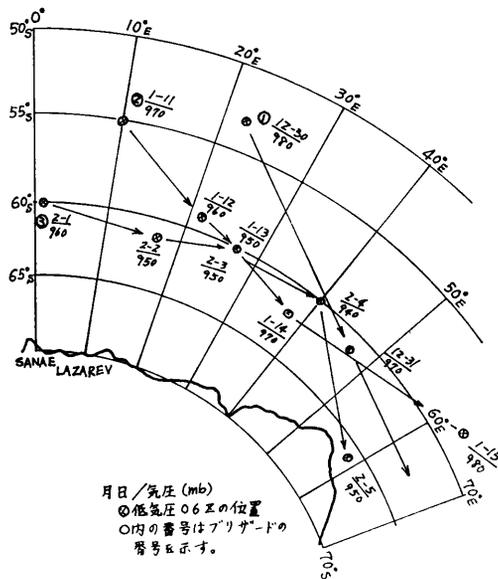


図-4.2 主要低気圧経路

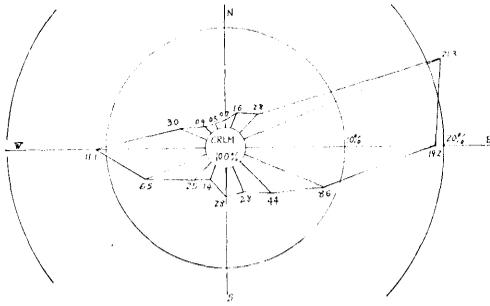


図-4.4 風向ひん度

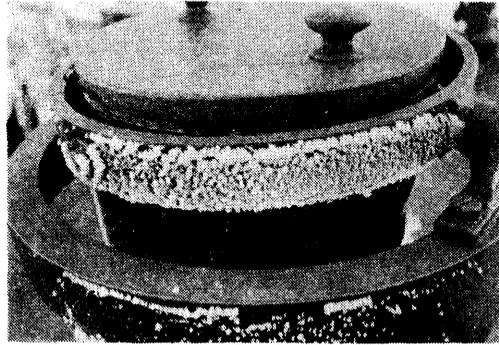


写真-4.2 霧水

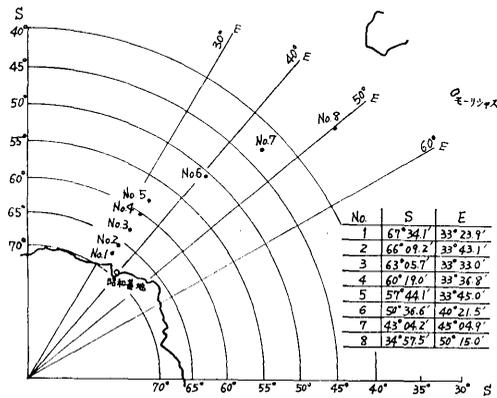


図-4.5 海水温度、塩分濃度分布計測位置

表-4.4 海洋観測、水温、塩分測定結果

No.1 5月25日 天気 気温℃ 67°34' S 33°23' E ⊙ 0.2			No.2 2月26日 天気 気温℃ 66°09' S 33°43' E ⊕ 0.6			No.3 2月27日 天気 気温℃ 63°05' S 33°33' E ⊙ 2.3			No.4 2月28日 天気 気温℃ 60°19' S 33°36' E ⊕ 2.0		
深さ m	温度 ℃	塩分 ‰									
0	-0.40	33.77	0	-0.20	33.88	0	1.80	33.81	0	2.60	33.72
10	-0.50	.77	10	0.31	.88	10	1.63	.77	10	2.45	.71
20	-0.52	.78	18	0.34	.88	20	1.62	.77	20	2.45	.71
30	-0.89	.90	25	0.29	.87	30	1.59	.77	30	2.43	.72
49	-1.65	34.11	40	0.25	.87	50	-1.09	34.12	48	2.41	.72
74	-1.74	.21	75	-1.65	34.26	70	-1.53	.16	67	-0.91	.97
99	-1.82	.25	88	-1.70	.26	75	-1.63	.18	85	-1.37	34.01
123	-1.77	.27	100	-1.74	.30	100	-1.55	.24	105	-1.41	.04
No.5 2月29日 天気 気温℃ 57°41' S 33°45' E ⊙ 3.7			No.6 3月2日 天気 気温℃ 50°36' S 40°21' E ● 5.2			No.7 3月4日 天気 気温℃ 43°04' S 45°04' E ● 9.4			No.8 3月6日 天気 気温℃ 34°57' S 50°15' E ⊙ 22.0		
深さ m	温度 ℃	塩分 ‰									
0	2.50	33.85	0	4.40	33.76	0	10.20	33.74	0	23.1	35.42
10	2.39	.83	5	4.27	.73	10	10.11	.73	10	23.0	.41
20	2.39	.83	10	4.27	.73	20	10.06	.73	20	22.9	.42
30	2.34	.83	15	4.21	.73	30	8.62	.75	29	21.8	.45
50	2.33	.83	25	4.23	.73	50	7.50	.75	45	19.2	.48
75	-0.02	34.00	40	4.18	.74	73	6.46	34.03	65	17.6	.48
98	-0.04	.04	55	.75	.75	94	5.59	33.93	89	16.6	.48
			70	2.89	.79	115	4.72	.87	105	16.1	.48
			85	1.34	.83						
			110	1.06	.94						

4.2 氷 状

氷縁に関する情報は、主として気象衛星 NOAA の受信記録とヘリコプターによる氷状偵察を行なって求めている。

写真-4.3は1月4日のNOAAの受信記録で、大陸沿岸に白く張り出している部分が氷である。図-4.6～図-4.8にNOAAからの情報により求められた氷縁図をしめす。図-4.9はこれらの氷縁図を一まとめにした氷縁推移図で、低気圧の通過や、海流等の影響により、氷縁付近の定着氷は割れ、流氷となって沖合いに持ち去られたり、また一度破壊された氷が氷縁沿いに集まり密群氷域を形成、流氷野となるなどその氷縁はさまざまに変化している。

流氷域進入直前の12月28日には存在していた定着氷縁沿いのフリーロード（通称大利根水路）は進入時の30日には低気圧の接近によるENEの風により消滅し、定着氷縁付近の流氷域は水量 9/10～10/10 の最密群氷となりハンモック化していた。

1月3日には、天候が回復しS成分の風が出はじめたため水量も 8/10～10/10 となり定着氷沿いに水路が発生していた。なお

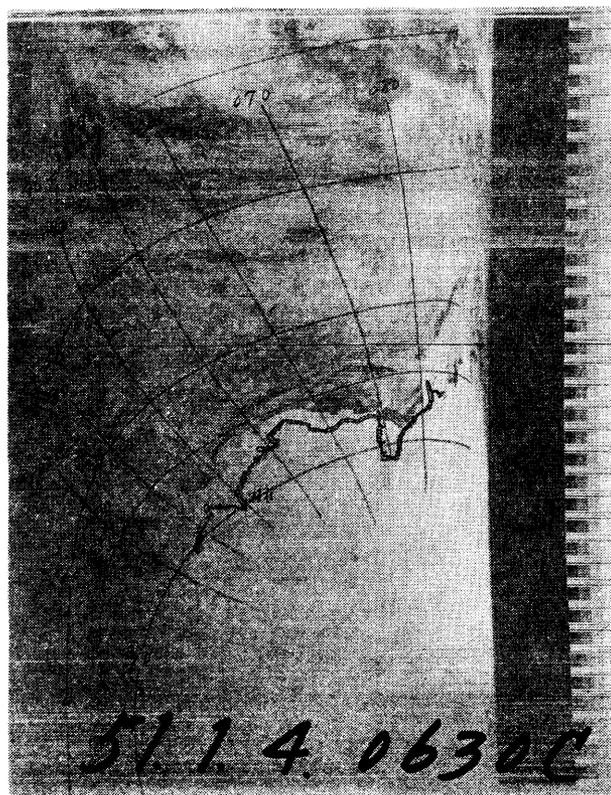


写真-4.3 NOAA受信記録 氷縁

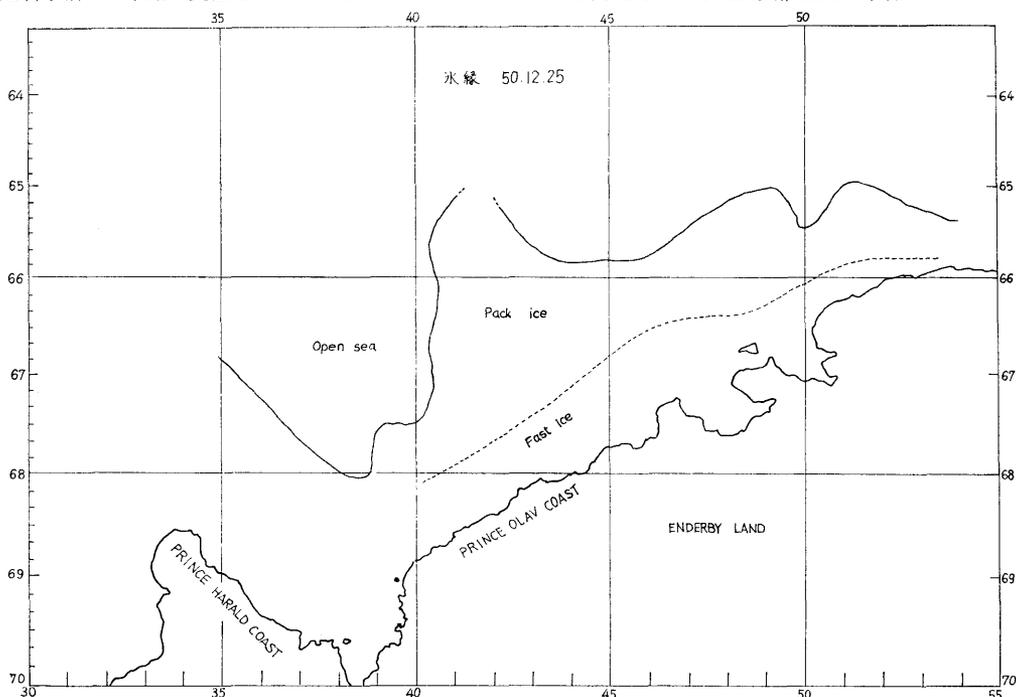


図-4.6 氷 縁 図 (その1)

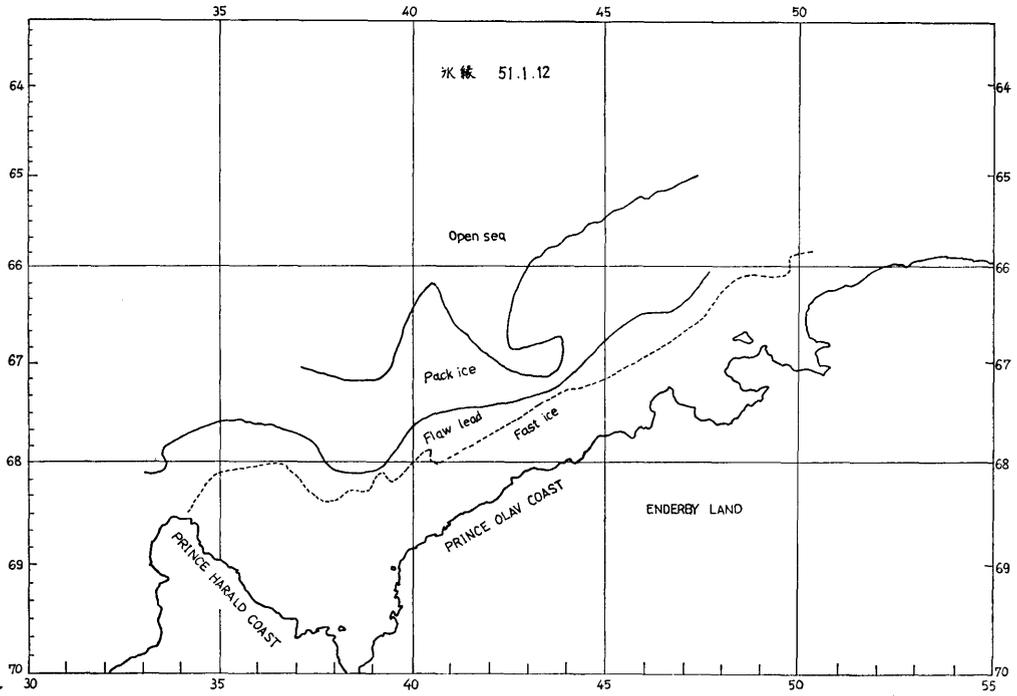


図-4.7 氷 縁 図 (その 2)

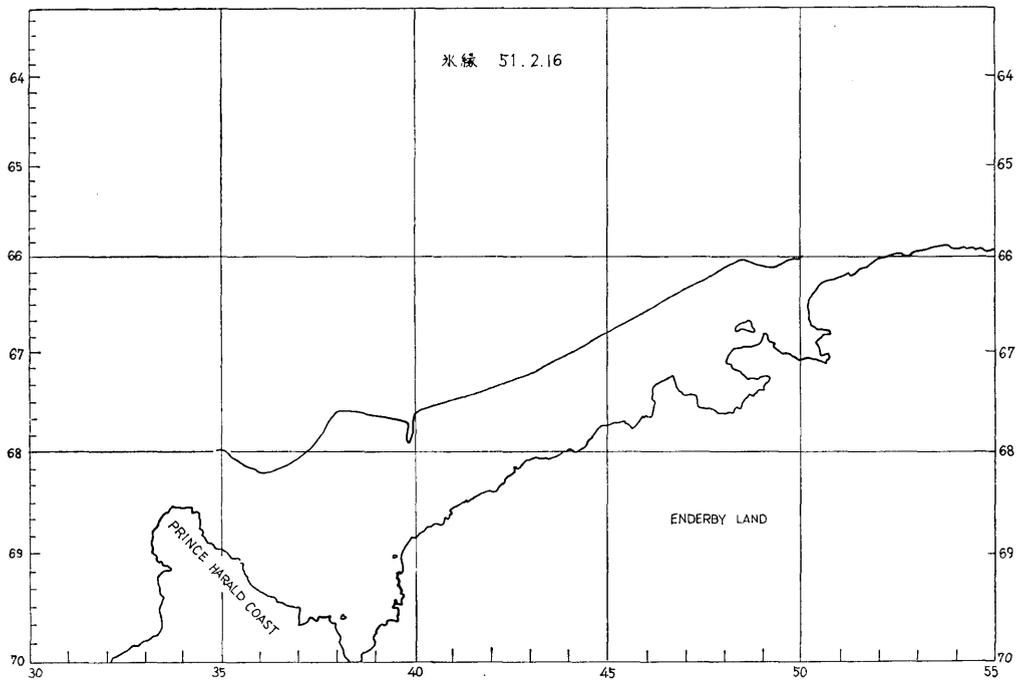


図-4.8 氷 縁 図 (その 3)

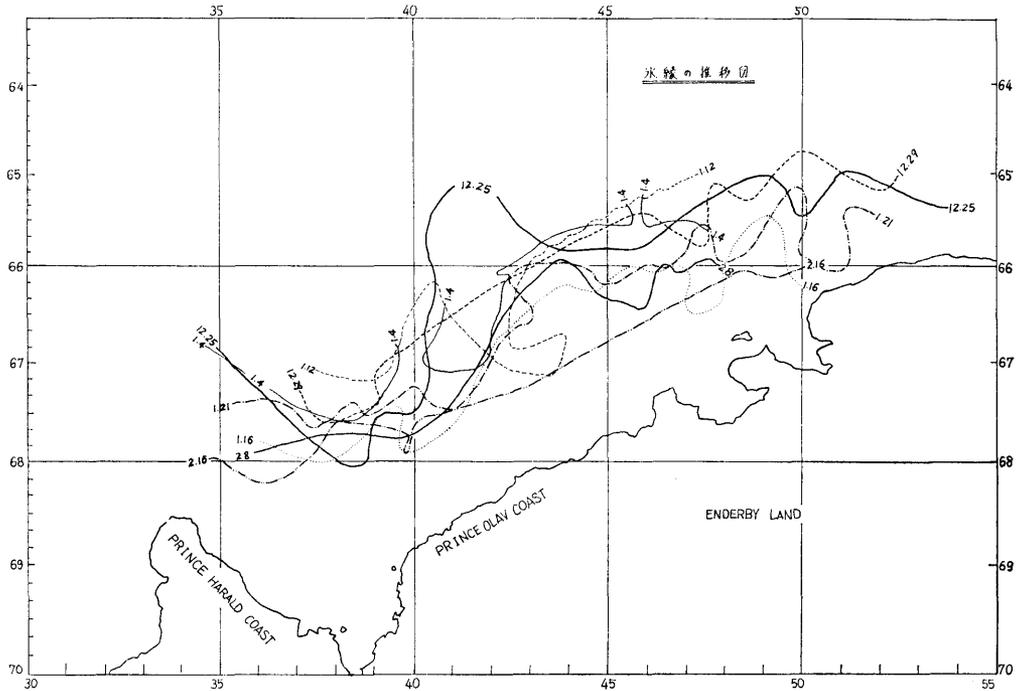


図-4.9 氷縁の推移図

流水域での積雪量は0.5~1.0m程度であった。

定着氷域進入時の氷厚は 1.2 m, 積雪は 0.3~0.5m であった。その後定着氷内においてボーリングにより測定した氷厚は1.4~1.5 m, 積雪は 0.25~0.5m でありその結果を表-4.5に示す。

定着氷進入時には、エンダービー沖50~75kmのところに大陸沿岸に平行に伸びていた定着氷縁は、1月下旬には10km程後退し、開水面となっていた定着氷縁の外辺は、2月中旬に入って流水が集結し2月19日の復

表-4.5 定着氷ボーリング結果

測定年月日	位置	氷厚 cm	積雪 cm	気温 °C
51. 1. 19	68°-31.4' S 38°-46.2' E	148	25	-0.8
1. 22	〃	145	25~30	-1.0
2. 4	68°-31.6' S 38°-43.8' E	144	15~40	-1.9
2. 17	〃	140	34~50	-4.0

航時には、水量 8/10~10/10 の密群氷となりハンモック化して、氷厚 3~5 m に達する所もあった。

2月23日の流水氷縁付近の氷状は、水量 10/10 の最密群氷であったが、氷板同志は密着していないブラン



写真-4.4 薄板状に氷結した流水域内の開水面

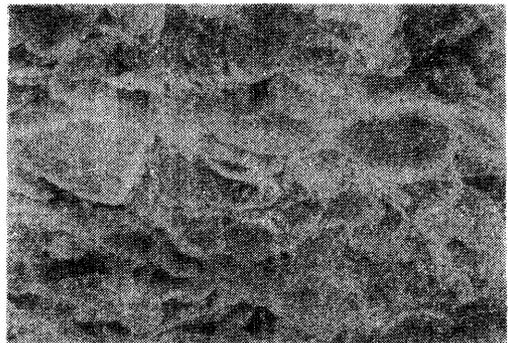


写真-4.5 はすば氷(その1)

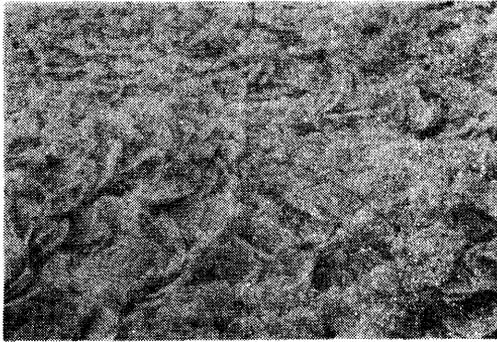


写真-4.6 はすば氷 (その2)

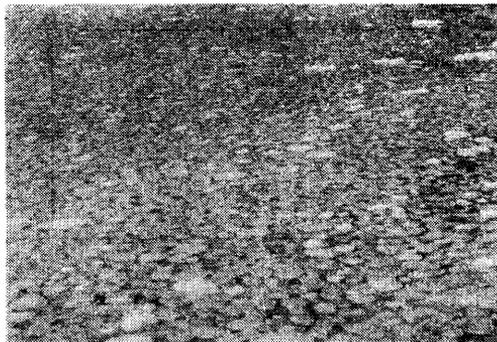


写真-4.7 はすば氷 (その3)

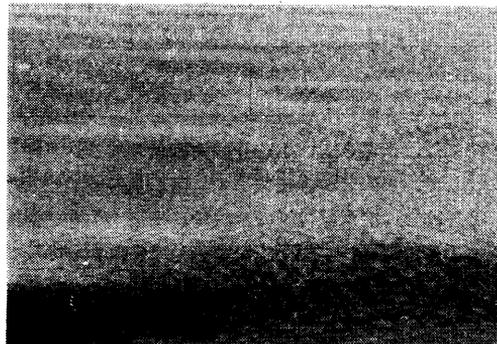


写真-4.8 はすば氷 (その4)

ユアイスが多かった。

流水縁離脱時の氷縁の外辺はすでに、はすば氷が発生していた。

写真-4.4は厚さ10~15cmの薄板状に氷結した流水域内の開水面。(2月19日撮影)

写真-4.5~4.8は、流水縁離脱時に(2月23日)、はす葉氷の成長過程を逆順に撮影したものである。

(176)

5. 氷海域における砕氷行動

5.1 氷海における行動の経過

南緯55°を12月22日102°07' Eに通過、南極圏に入った「ふじ」は23日58°15' S, 98°43' Eの海域にて初氷山を視認、以後氷山の漂流している海域を針路260°で航行、62°45.6' S, 83°58.5' Eの海域にて氷舌に遭遇この氷縁に沿って一旦北上これを避航し、その後エンダービーランド沖約200kmに張出している流水縁沿いに航行、12月30日14時45分67°07' S, 41°10' Eの地点から氷量 6/10~8/10, 氷厚0.5mの流水域に進入を開始した。流水域進入開始後連続砕氷で航行したが、天候、氷状ともに次第に悪化し、氷厚1.5m積雪0.5m, 氷量8/10のハンモック化した密群氷となり23時15分よりチャージング砕氷航行に移り、13回のチャージング砕氷により、780mの進出距離を得たが、深夜となり気温も低下して砕氷困難となって68°06' S, 39°51' Eの地点で砕氷航行一時中止し漂泊待機した。その後氷量は8/10から10/10のハンモック化した最密群氷となり、砕氷航行は極めて困難で12月31日と51年1月2日に計3時間42分の砕氷航行が行われたのみである。

1月3日天候が回復し、流水域に変化が見られ、氷量7/10~8/10の密群水中にS Wに伸びた水路を発見、10時19分より航行を開始、13時頃水路の東側に到達約2時間この水路を利用して航行したが19時50分再び密群氷にはばまれて砕氷航行を中止待機した。

1月4日天候は快晴であったが氷状に変化が認められず漂泊待機を行なった。

1月5日は早朝より氷状が好転したため、6時45分より砕氷航行を開始、連続砕氷と6回のチャージング砕氷により、定着氷縁沿いに開かれた水路に到着、この水路を定着氷縁に沿って航行、12時19分68°23.6' S, 38°41.5' E(昭和基地の332°約77km)の地点より定着氷に進入を開始した。

定着氷進入時の氷状は、氷厚1.2m, 積雪0.3mであった。チャージング砕氷航行により船幅の1.5倍~2倍の水路を切り開きながら、1月7日20時10分68°26.8' S, 38°41.1' Eの昭和基地北西73.7kmの地点に到達。

1月8日昭和基地への本格的な空輸作業を開始、その後空輸を実施しながら砕氷航行を行ない、1月28日68°30.9' S, 38°42' Eに到達した。1月29日にこの地点でボーリングによる氷状調査を行なった結果、氷厚1.485m, 積雪0.2~0.6mであった。ヘリコプターに

図-5.3, 5.4 5.5 は氷海進入時の航跡図であり, 氷海離脱時の航跡を 図-5.6, 5.7 にしめす。

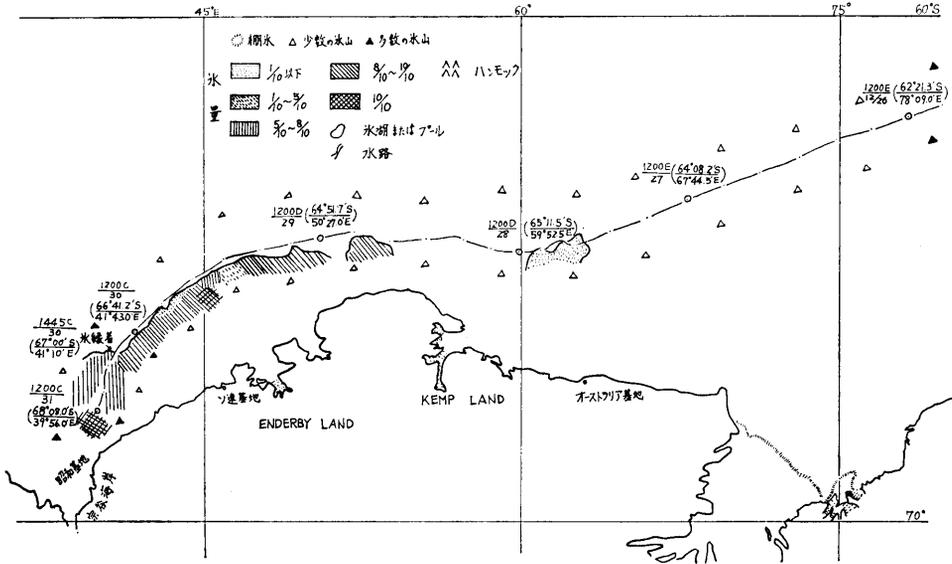


図-5.3 エンダービーランド沖航跡及び氷状図 (進入時その1)

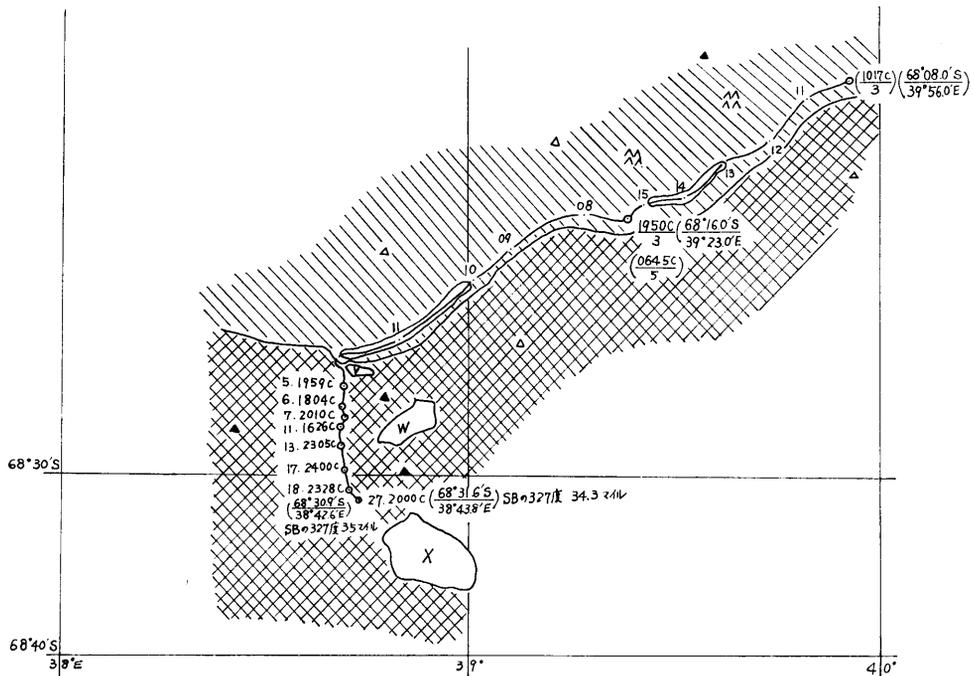


図-5.4 リュッツオホルム湾航跡及び氷状図 (進入時その2)

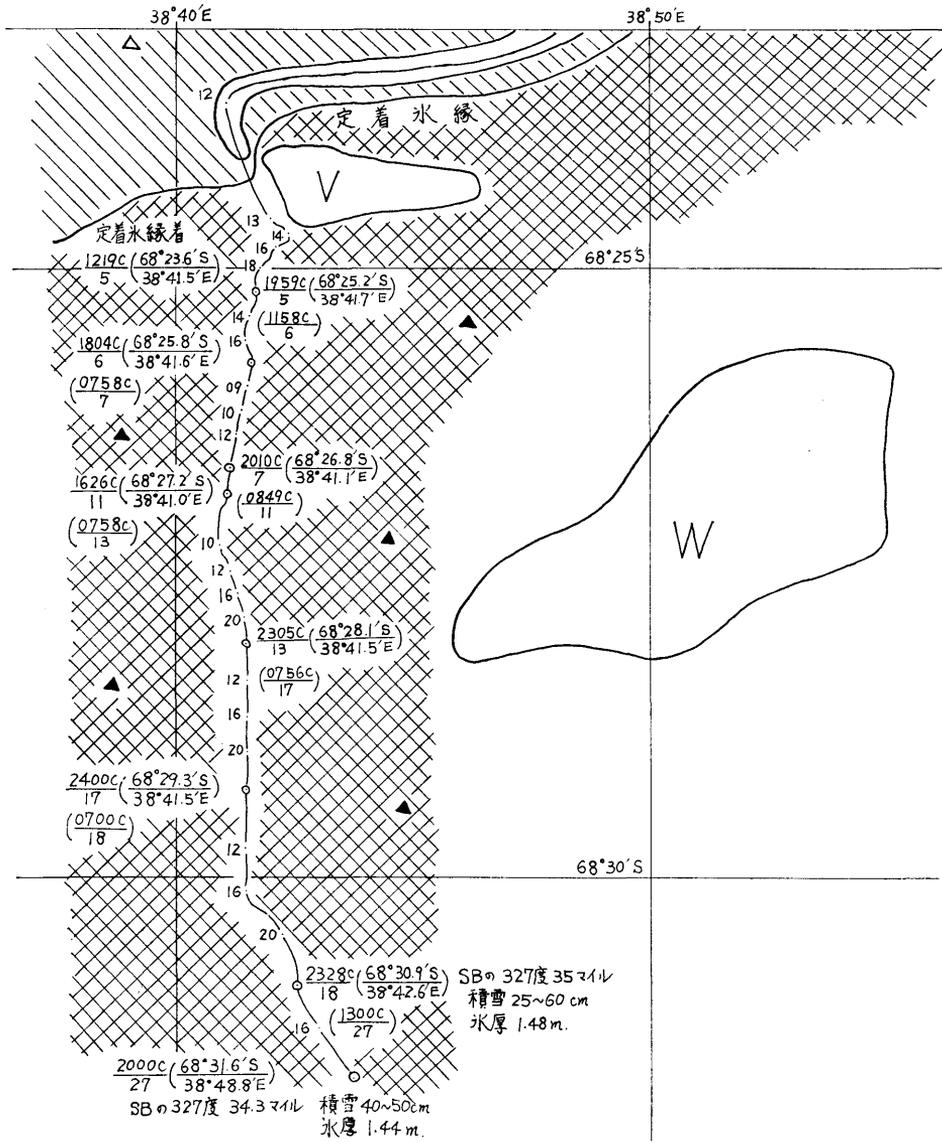


図 5.5 リュツオホルム湾航跡及び氷状図 (進入時その3)

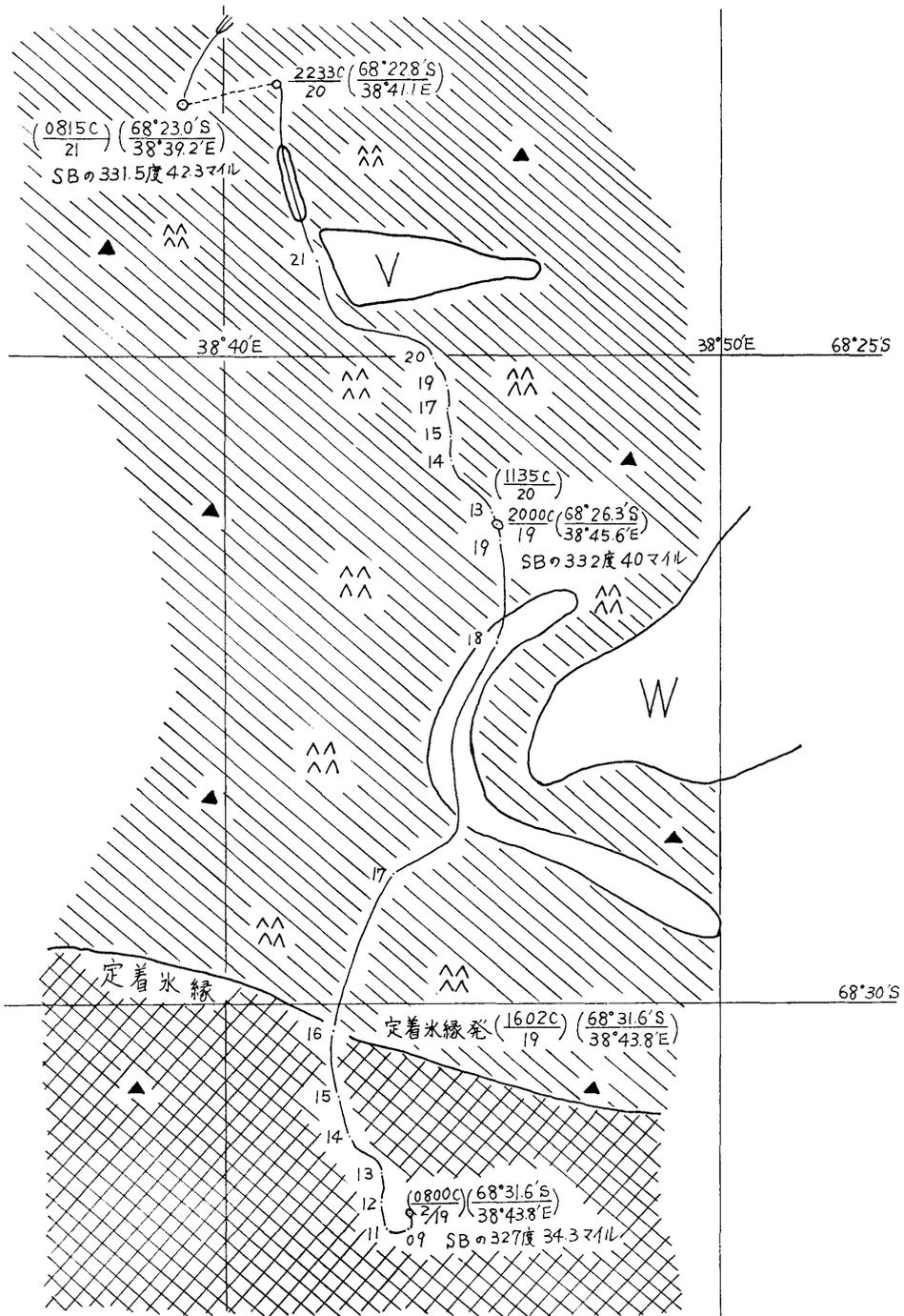


図-5.6 リュッツオホルム湾航跡及び氷状図 (離脱時その1)

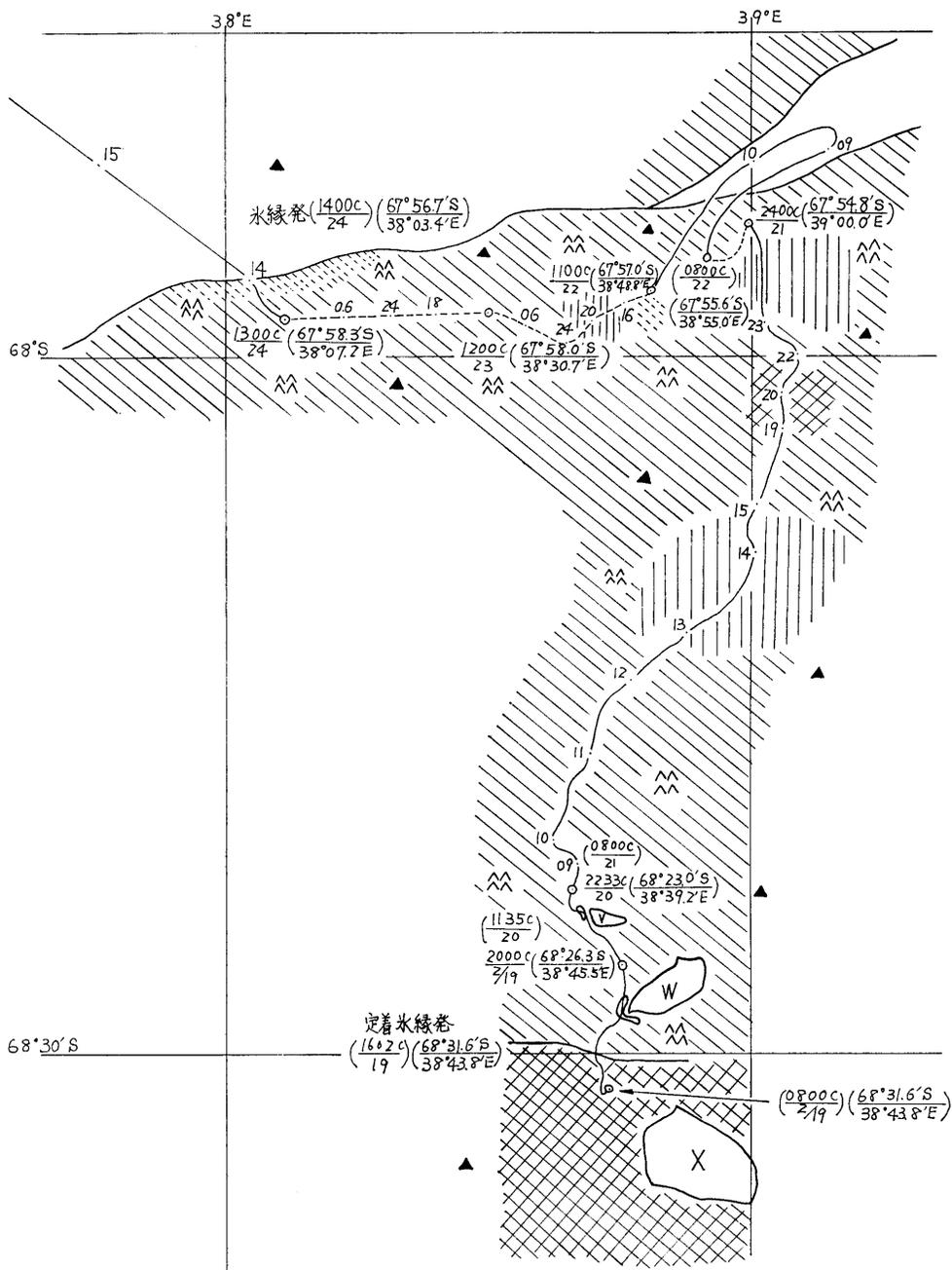


図 5.7 リュッツオホルム湾航跡及び氷状図（離脱時その2）

定着氷内における停泊は、チャージング砕氷終了時に後進を行わず乗氷のまま行なった。なお1月22日から25日の間に使用したアイスアンカーは片爪のストッ

クス式のもので、その形状を図-5.8にしめす。

本船の氷海における船位決定は、六分儀によって天測に頼っているが、氷海における天候は悪く、1月下

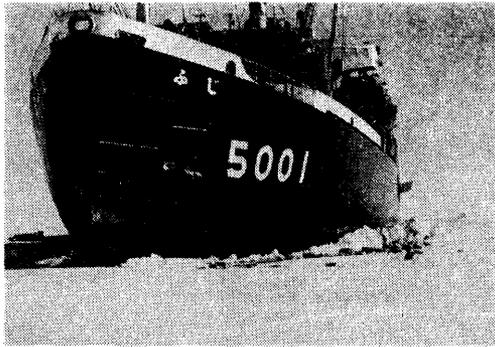


写真-5.1 定着氷上の「ふじ」

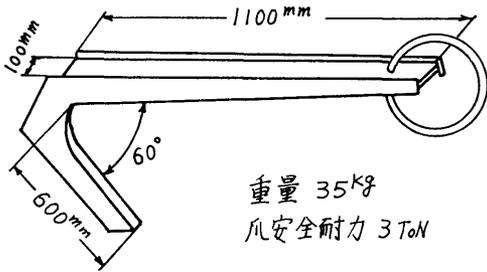


図-5.8 アイスアンカー

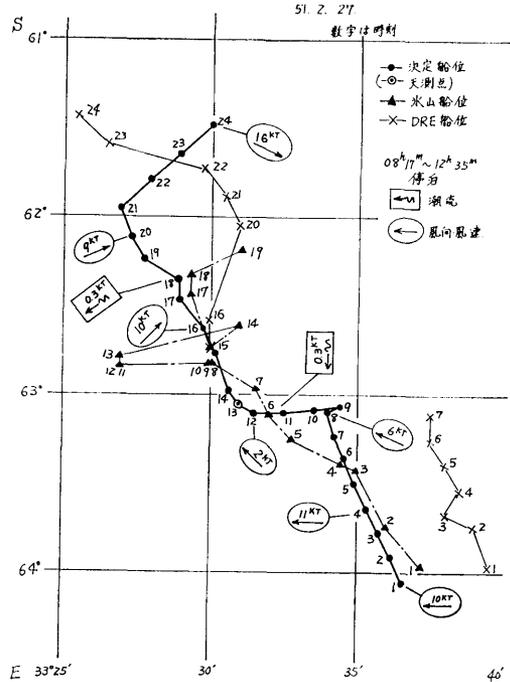


図-5.9 推定船位と決定船位の比較

表-5.1 チャージング記録

年月日	実施時間 h-m	回数 (累計回)	当日の航程 m	進出距離					助走距離		気温		水温 °C	積雪 m	氷厚 m	氷状	
				距離 m	1回の最大 m	1回の最小 m	1回平均 m	1時間平均 m	最大 m	最小 m	最高 °C	最低 °C					
往航	50.12.30	00-45	9	576	500	1	64.0	768.0	35	25	1.0	-3.0	0.3 -1.9	0.5	1.5		
	31	2-24	11 (20)	3704	1283	500	3	116.7	534.5	150	22	0.8	-2.9	1.9	0.5	1.5	
	51.1.2	1-18	17 (37)	3704	1058	300	1	62.2	813.8	120	0	1.5	-0.4	-1.9	0.5	2.0	
	3	9-26	64 (101)	28520	5798	500	2	90.4	615.2	200	0	1.4	-2.1	-1.8 -1.9	0.5	2.0	
	5	12-58	93 (194)	38892	3590	500	4	38.3	277.2	340	20	-1.1	-5.9	-1.8 -1.9	0.3	1.2	
	6	5-51	58 (252)	1482	1401	40	5	24.1	239.4	300	50	-0.1	-5.1	1.9	0.3	1.2	
	7	11-50	115 (367)	1482	1666	45	1	14.5	140.8	300	120	-0.4	-5.3	1.9	0.35	1.2	
	11	7-20	61 (428)	740	714	80	2	11.7	97.3	270	100	0.0	-5.8	-1.8 -1.9	0.3	1.2	
	13	14-58	176 (604)	1667	1623	45	1	9.2	108.4	270	80	1.1	-2.0	-1.8 -1.9	0.3	1.2	
	17	15-56	151 (755)	2222	2553	53	2	16.9	160.2	280	120	2.0	-2.2	-1.8 -1.9	0.3	1.2	
18	16-23	147 (902)	2408	2583	45	1	17.6	151.4	260	90	2.0	-4.8	1.9	0.3	1.2		
27	6-57	71 (973)	1389	1443	47	3	20.3	207.6	280	13	0.1	-1.0	1.9	0.3	1.2		
計	106-06	(973)		24288													
復航	51.2.19	13-59	124 (1097)	11298	7101	50	2	57.3	509.0	260	40	-2.2	-11.7	-1.8 -1.9	0.2	1.3	
	20	9-44	119 (1216)	8704	5659	500	2	47.0	581.4	180	25	-0.5	-3.9	1.8	0.4	1.1	
	21	15-20	67 (1283)		7936	500	2	118.4	517.7	170	10	-1.5	-3.1	1.8	0.6	1.5	
計	39-03	(1283)		20696													

往 定着氷進入 1月5日 累計 108回
復 定着氷離脱 2月19日 累計 1065回

旬から2月は天測可能時数が極めて少なく刻々の船位は、基準冰山を決めて、その冰山からの方位と距離により推定する“冰山船位”とジャイロとログを組合せた分析計算機(DRA)と航跡自画器(DRT)で船位を推定する“DRE船位”を使用しているが、これらの推定船位は、風および潮流による誤差が多く、推定船位と天測船位を勘案して刻々の船位を決定していた。図-5.9に推定船位と決定船位の比較の一例をしめす。

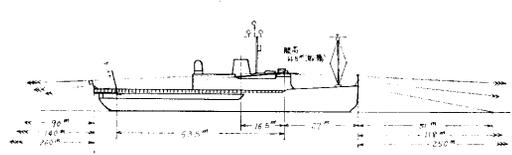


図-5.10 距離目測図

5.2 チャージング砕氷航行

流水域に進入開始後、比較的水あきが多い水量5/10～8/10程度の海域では連続的に砕氷航進ができた。水量8/10、氷厚1m以上の氷状になると連続砕氷は困難となり、助走距離を適当にとり船体のもつ運動エネルギーと、プロペラ推力を同時に作用させて船首を氷盤に突き当てて砕氷するチャージング砕氷を必要とした。

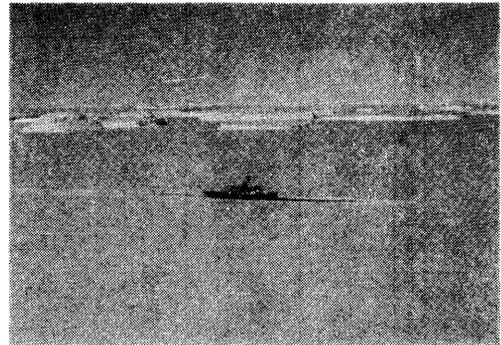


写真-5.2 チャージング中の「ふじ」

また定着水域では連続砕氷は不可能であり、すべてチャージング砕氷により航進を行った。

表-5.1に流水域進入時から離脱時までの日別のチャージング航行記録をしめす。なお表-5.1にしめされた進入距離、助走距離等は水上に目標点を定め船形図から図-5.10にしめすような距離目測図を作成して見張員の目測により算定したものである。

た航跡を再び航行することは、砕氷が容易である時間的余裕は極めて少なく、また氷片の推進器への接触が多いため旧航跡から30～40m離して平行針路を航進するのが一般的であるとされている。

流水域におけるチャージング砕氷は、往航時107回11,009mで、1チャージング当りの進出距離は平均102.9m、復航時は219回27,973mで1回当たり127mであった。また定着氷内においては往航時866回12,460m1回当たり14.4mで復航時には48回3,148m、1回当りの平均進出距離は65.6mであった。

今航海の場合、定着氷内における往航時の砕氷航跡は再結氷していたが、ハンモック化されておらず氷厚も航跡以外に較べて薄く、比較的楽に砕氷出来たため、復航時の定着氷内における航行は進入時の航跡を利用して行った。

通常氷海内での航跡の再凍結は意外に早く一度通

定着氷内における1回のチャージング砕氷所要時間は6～7分間であり、船体運動と推進器操作との関係は大体下記のような繰返しである。

船体運動	後進	前進		停止	後進		前進
	(戻り)	(助走)	(砕氷)		(戻り)		
推進器操作	停止	前進		停止	後進		前進
	微速 第1強速	第4強速	第4強速	停止	微速～第4強速		微速
時間 秒	0	1	2	3	4	5	6

参考のため過去10年間の定着氷内におけるチャージング砕氷状況を表-5.2にしめす。

5.3 爆破砕氷

2月19日流水域航行時に航跡図に示すV冰山の南側で氷厚5～6mの大氷盤に乗り上げ進退不能となった。

このため爆破時の振動を利用して氷盤から船体を離脱させる降氷盤爆破を実施した。

また2月20日の午前には、前方の氷盤を爆破し、航路切開きを行なうための航路啓開爆破を実施した。

降氷盤爆破、航路啓開爆破時の諸記録を 図-5.11 お

表-5.2 定着氷における各年次別砕氷状況

年次	チャージング回数	航走時間	航程	平均速度	備
	回	h m	マイル	KT	
40	往	0		3.8	
	復	0		3.8	
41	往	64-15	60.3	0.94	
	復	22	24-40	70.4	2.85
42	往	1,054	150-17	68.95	0.46
	復	346	50-35	54.2	1.07
43	往	0	7-50	38.0	4.87
	復	0			
44	往	477	53-28	45.02	0.84
	復	167	25-58	79.7	3.07
45	往	0			
	復	0			
46	往	3,791	553-35	35.92	0.07
	復	2,212	586-34	27.86	0.07
47	往	1,520	175-53	16.69	0.09
	復	498	63-46	14.77	0.23
48	往	42	5-50	1.0	0.17
	復	0			
49	往	298	35-39	8.46	0.24
	復	64	8-31	4.26	0.50
50	往	866	86-57	6.70	0.08
	復	48	5-30	1.70	0.31

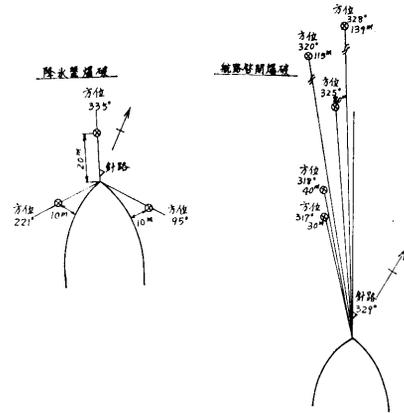


図-5.11 氷盤爆破位置

よび表-5.3にします。

降氷盤爆破は準備完了後、機関を全速後進とし爆破を行い、船の後進推力と爆発時の振動を利用して降氷を行なった。爆破と同時に船体は後進を始めスムーズに離盤した。

航路啓開爆破は、その効果に疑問があり、爆破後の氷盤にあまり変化が見られず爆破後もチャージング砕氷は困難を極めた。

爆破砕氷に関して特に下記事項について留意されていた。

1. せん孔作業用の電気器具よりの漏電による誤爆

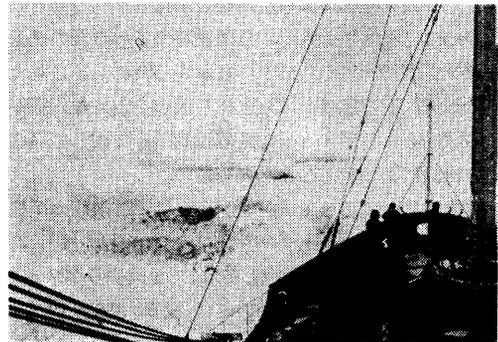


写真-5.3 爆 破 跡

表-5.3 爆 破 記 録

降氷盤爆破

51年 2月 19日

船位 68°26.3'S 38°45.5'E

風向風速	E 7	水温	-1 °C
天気	雪	湿度	84 %
規模	5 KM	使用薬材	コアドリル
気圧	980.4 mb	人員	20名
気温	-3.9 °C	所要時間	1h 27m

位置	氷厚	雪厚	爆破深度	使用薬量	記事
方位 距離					
95° 10m	3.5~4m	40~50cm	3.5m	3KGX1	ハンモックアイス
221° 10m	〃	〃	〃	〃	船首方位 335°
335° 20m	〃	〃	4m	10KGX1	

航路啓開爆破

51年 2月 20日

船位 68°26.3'S 38°45.5'E

風向風速	SE 7	水温	-1.8 °C
天気	雪	湿度	86 %
規模	5 KM	使用薬材	コアドリル
気圧	980.5 mb	人員	25名
気温	-0.5 °C	所要時間	2h 26m

位置	氷厚	雪厚	爆破深度	使用薬量	記事
方位 距離					
317° 30m	4~4.5m	40~50cm	4m	10KGX1	ハンモックアイス
318° 40m	〃	〃	〃	〃	船首方位 329°
325° 80m	〃	〃	〃	〃	
320° 115m	〃	〃	〃	10KGX2	
328° 139m	〃	〃	〃	〃	

を防ぐため、せん孔が全部終了してから爆薬を装填した。

2. 電波による誤爆を防ぐためレーダー、通信器等の電波管制を行った。

なお、以上における爆破準備は、夜間の薄明時であり、起伏の多いハンモック氷上の極めて危険な作業であった。

6. 機関部の調査

6.1 主機の操作基準

本船の主機関構成は前述のように、ディーゼル直結推進用発電機4基と、各軸に対して2基ずつ串列に配列された電動機が両舷の計4基の推進電動機から成っている。

操作区分としては通常海域航行には表-6.1に示すような区分で、主に軸回転数を基準にした操縦が行なわれる。この際通常の巡航は操作区分のうちの原速で行なわれるが、これまでは2発電機-2電動機-2軸運転であるが、それ以上の負荷に対しては4発電機-4電動機-2軸運転と全機運転が行なわれる。

氷海域においては過渡的操作が頻繁に行なわれ、またプロペラの負荷変動が激しいことから、表-6.2のような操作区分に従って、電動機主回路の電流値を基準にした操縦が行なわれる。2機運転基準も定められているが、通常氷海域では全機運転が行なわれる。

6.2 氷海行動中の主機関の挙動

6.2.1 実測の要領

機関各部の挙動はできる限り電流量に変換して、相

表-6.1 大洋航行時の操縦区分（回転数基準）

区分	後進				前進					
	原速	半速	微速	停止	微速	半速	原速	1強速	2強速	一杯
速度 knot				0	6	9	12	14	15	17
回転数 RPM	100	75	50	0	50	75	100	115	125	158
変速時間(分秒)	1-0	0-10	0-15	0-15	0-10	1-0	2-0	0-40	3-20	
累計時間(分秒)	1-25	0-25	0-15	0-15	0-25	1-25	3-25	4-05	7-25	

表-6.2 氷海行動時の操縦区分（電流基準前後進同じ）

主回路電流	微速	半速	原速	1強速	2強速	3強速	4強速	全速
	2機運転	600A	1000A	1800A	2200A			
4機運転	300A	500A	900A	1200A	1600A	2000A	2300A	2600A
変速時間	0-05	分秒 0-05	0-05	0-05	0-5	0-10	0-10	0-15
累計時間	0-05	0-10	0-15	0-20	0-25	0-35	0-45	1-00

互関係を正確に把握するために同時連続記録することが望ましい。しかし事前の準備の都合上、或は計測員が1名に限られたこともあって、同時記録のオシログラムとすることができたのは限られた項目についてのみであった。

すなわち電氣的アナログ量として検出してオシログラフに記録したのは、軸トルク、軸回転数、操縦ハンドル位置の3点である。その他ディーゼル主機の過給機回転数、過給気圧力、燃料ラック位置、機関回転数、排気温度、および推進電動機主回路の電流、電圧等については、必要に応じ機関部員を動員して、本船装備計器を定められたタイミングで目視連続記録するという、極めて原始的な計測に頼るはなかった。

軸トルクに関しては、中間軸表面にストレインゲージを貼って、軸表面ひずみを直接計測して連続記録した。このトルク測定方式は永年当所が経験と実績を持ったもので、軸表面に貼った1辺が120Ωのストレインゲージのブリッジに対して、直流18Vをかけて、ブリッジ出力を軸に取付けたスリッピングを介して取り出し、これでオシログラフのガルバノメーターを直接駆動する回路方式である。この方式には増幅器は全く使用しないので、長時間のゼロ点移動に対して、また測定精度に対して高い信頼性を持つものである。唯本船の軸系は、ねじり振動回避の面から、また異常高負荷トルクで使用されることを考慮して、通常の船舶の場合より相当太い軸が使用されているために、記録上の振幅が若干小さくなることは止むを得なかった。

6.2.2 チャージング砕氷時の機関の挙動

氷海域での行動中、5.2項でふれたように氷状によって連続砕氷前進ができなくなった時、チャージング砕氷が行なわれる。この際急速な前進と後進が繰返されることになるが、チャージング繰返しのサイクルは5分乃至10分が普通である。本第17次航においては通算で1,283回のチャージング砕氷が記録された。

連続チャージング砕氷時の機関操縦発令の状況の例として、1時間の経過を図-6.1に示す。この発令に従って操縦ハンドルが操作され、励磁機出力を調節することによって表-6.2の区分の操縦が行なわれる。

操縦ハンドルの操作に応じて変化

する機関各部の応答の状況を実測して比較すると、図-6.2, 3, 4, 5 のようになる。図-6.2は電動機主回路の電流電圧を、また図-6.3, 4ではディーゼル機関関係の諸元の変化状況をしめす。図-6.5は左右舷の軸のトルク及び回転数の同時記録である。いずれも流水域或は定着水域でのチャージング砕氷中の状況であって、頻繁に且つ急速に前後進が繰返されている。

操縦ハンドル位置（負荷の設定指数となる）に対応した各部の変化を比較検討する時、まずディーゼル発電機の回転数の追従遅れが注目される。この場合ディーゼル発電機は毎分540回転の定速度に設定されているのに対して、急激に負荷が増加する時一時的な回転数の低下を、また負荷の減少

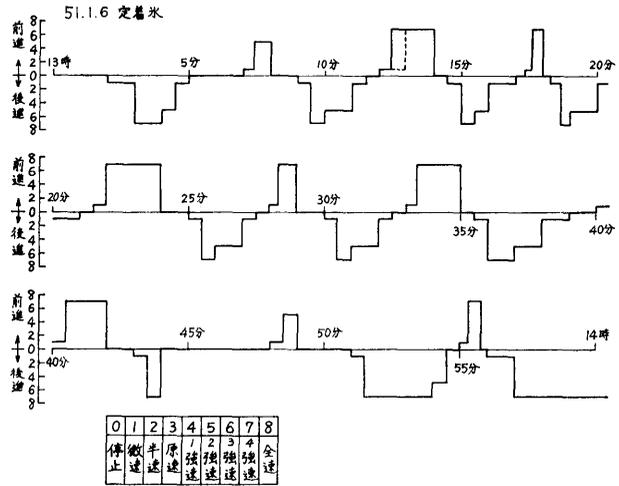


図-6.1 氷海中での主機操縦経過の例（1時間）

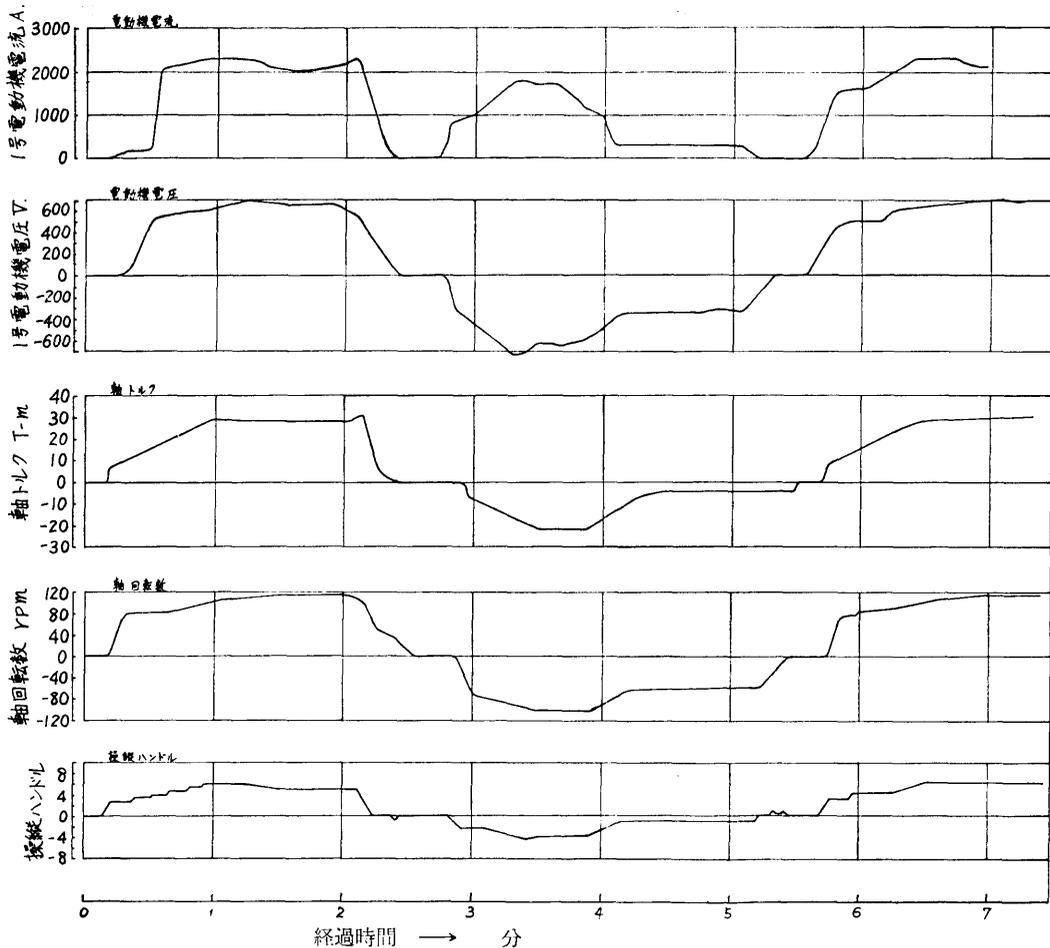


図-6.2 チャージング砕氷時の主機関の挙動（その1）

（主回路電流電圧とプロペラ軸負荷の対比、定着氷域）

(軸停止)時には回転上昇が認められる。回転数の変動量は約 ± 20 rpm (設定回転数に対し 3.7%) である。

また過給機の回転数は当然ながら負荷の増減に対応して変動するが、若干の遅れが認められる。

図-6.5には軸のトルク、回転数の経過と同時に、船体の挙動についても併記した。これで明らかなように船が氷に突入する時、連続砕氷する時、さらには船足が止まった時、いずれも設定負荷(第4強速)に対応

した、ほぼ一定の軸回転数およびトルクが維持されていて、特異な負荷状態は起らないことが判る。唯プロペラと氷塊が衝突する時は、衝撃的負荷のために軸に振動現象が現われる。

ディーゼル機関のシリンダー内最高爆発圧力を、マイハック圧力計を用いて、手で5秒毎の連続測定を行なった結果は図-6.6のようになった。68~70kg/cm²の負荷状態から、殆んど無負荷状態の37kg/cm²程度の間を急激に繰返し変動する様子が示される。

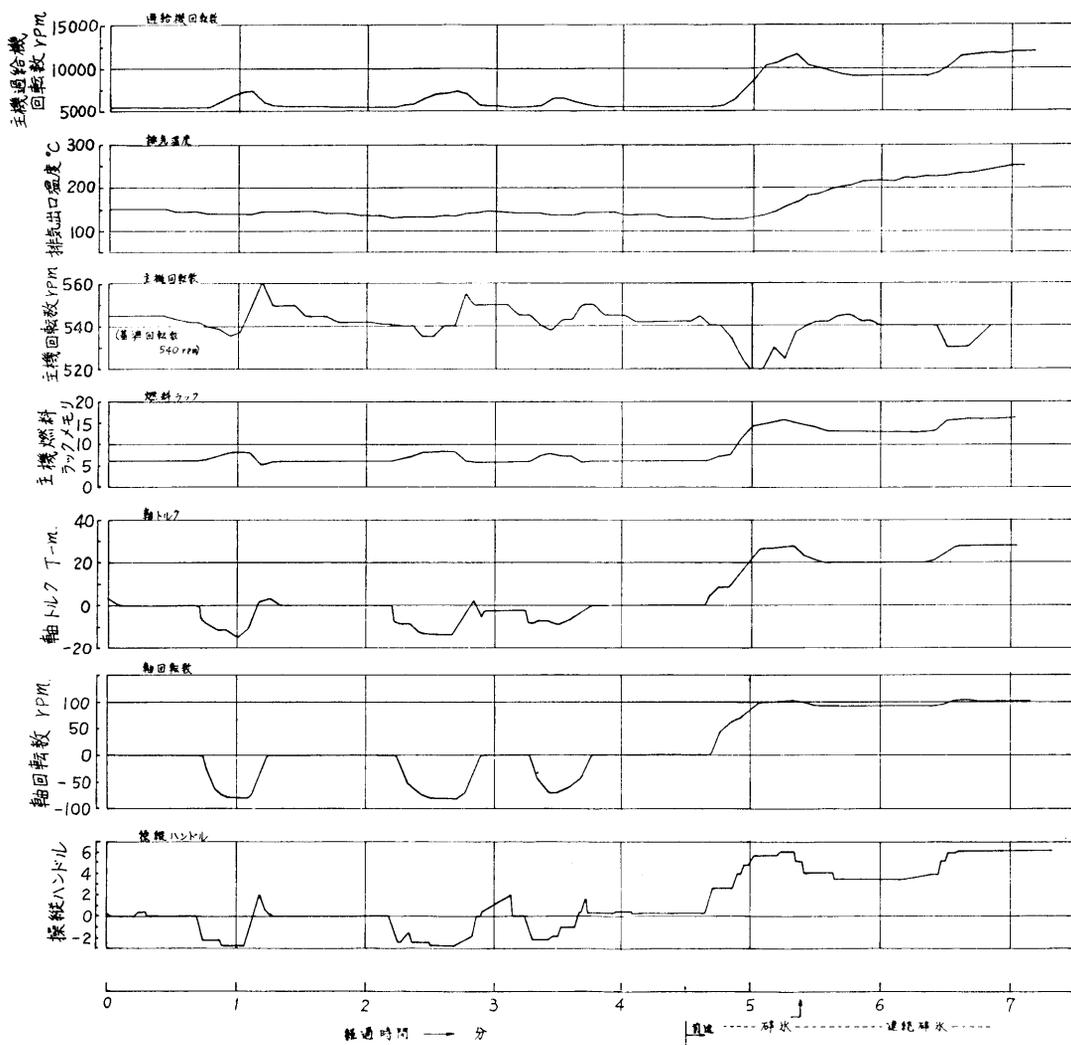


図-6.3 チャージング砕氷時の主機関の挙動(その2)
(操縦ハンドルに対する主機各部の挙動・流水域)

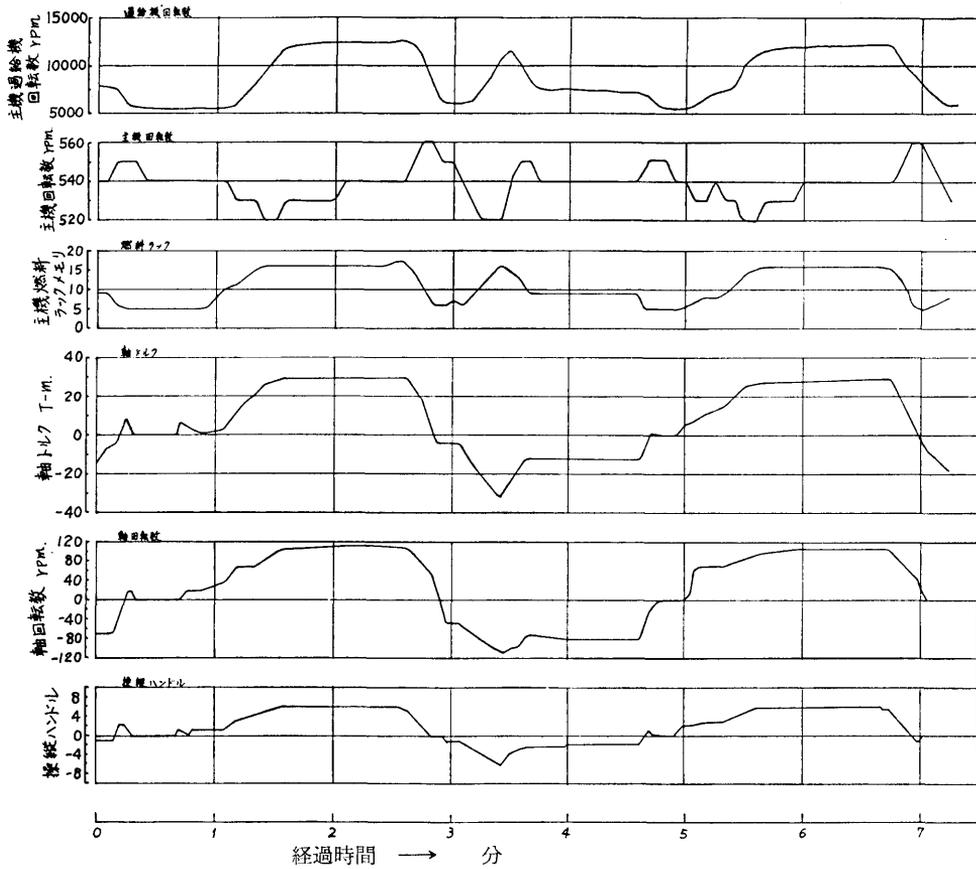


図-6.4 チャージング砕氷時の主機関の挙動 (その3)
(操縦ハンドルに対する主機各部の挙動, 定着水域)

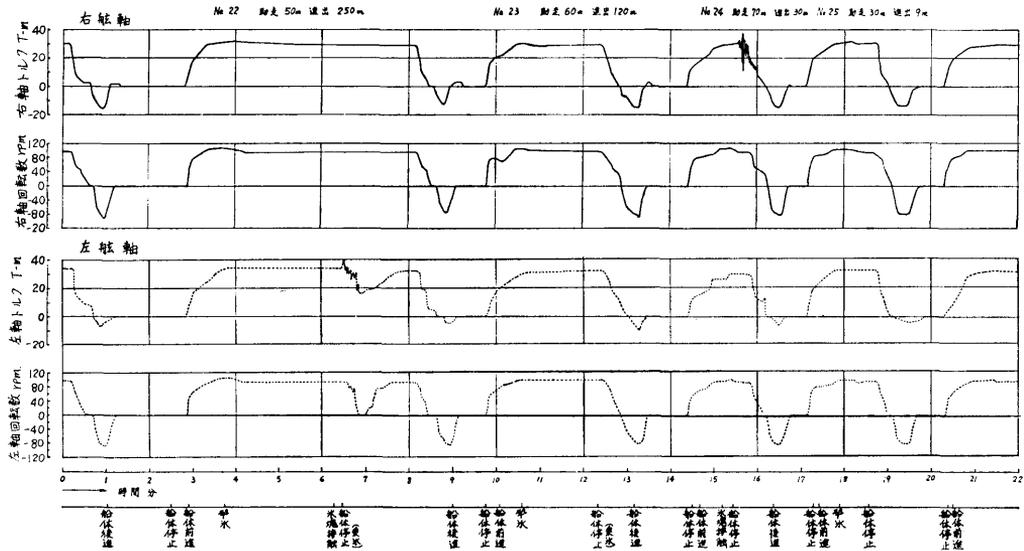


図-6.5 チャージング砕氷時の主機関の挙動 (その4)
(両舷軸トルク, 回転数の対比, 流水域 積雪0.4~0.6m 氷厚1.2~1.5m 氷量9/10)

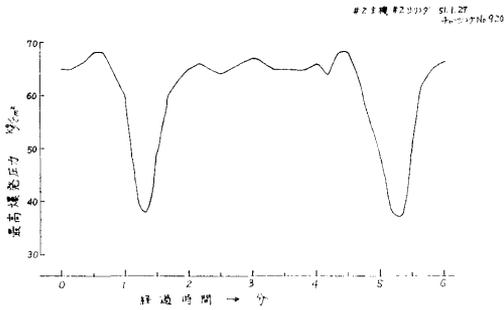


図-6.6 主機ディーゼル機関P_{max}の経過の例

6.3 プロペラ負荷

6.3.1 氷とプロペラの接触

図-6.5で、右舷軸トルクの15分経過の個所に、また左舷軸の6分経過の場所に明瞭な振動的トルクが見られる。これはプロペラに対して氷塊が何等かの状態で接触した時の現象と判断される。この様な状況が連続的に発生した時のトルク記録の例を図-6.7に示す。図-6.7の場合は比較的低回転時に生じた現象である

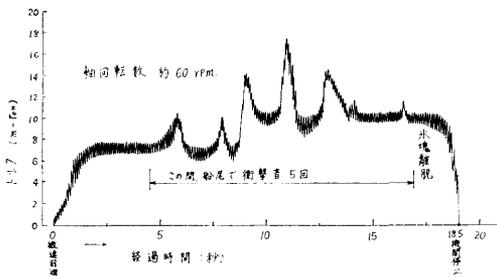


図-6.7 比較的低速回転でプロペラと氷の接触時のトルク変動

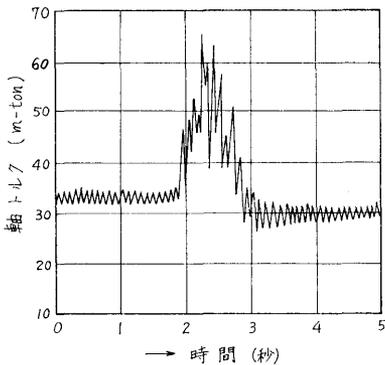


図-6.8 プロペラ翼に氷が接触した時の軸トルク (その1) 連続砕氷時、左軸前進 96 rpm

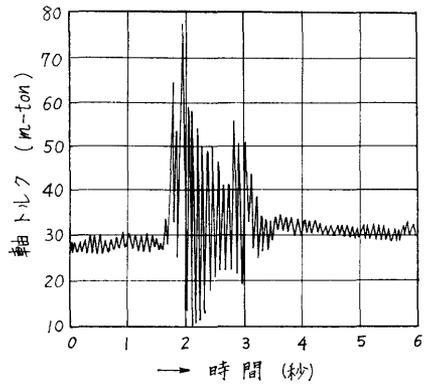


図-6.9 プロペラ翼に氷が接触した時の軸トルク (その2) 連続砕氷、左軸前進 120 rpm

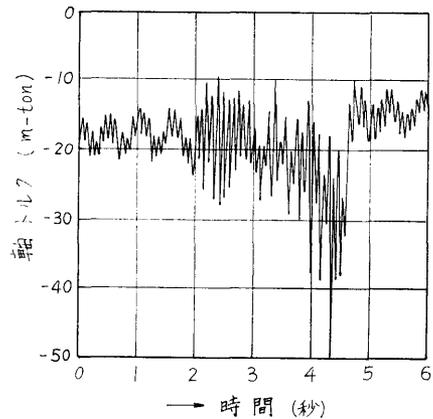


図-6.10 プロペラ翼に氷が接触した時の軸トルク (その3) 定着氷チャージング、右軸後進 98 rpm

が、第4強速の途中でプロペラと氷が衝突する時は図-6.8, 9, 10 に示すように明瞭な衝撃的振動波形が生じる。この振動数はいずれの場合も10~11 Hzをしめしているが、これは電動機回転子とプロペラを端に持った本船の推進軸系のねじり自然振動数が、計算上10.54 Hzであることから、プロペラ翼に氷が衝突した時の外力により誘起された軸のねじり振動と判断される。

この様に顕著な軸振動が生じるとともに、軸トルク値自体も瞬間的に増加する。実測トルク波形には大きな振動を伴うため、またいろいろな条件の氷塊接触があると考えられるので、トルクの瞬間的増加量を一般的に把握することは困難であるが、接触直前の軸トルク値(殆んどボラード状態)に対して、更に2倍程度のトルクになるようである。

表-6.3 プロペラ翼と氷塊の接触確認回数

日付	左舷プロペラ翼の水接触					右舷プロペラ翼の水接触					チャージング 砕氷回数	チャージング に要した時間 (時-分)	氷 状 氷 厚 さ (m)
	前 進		後 進		合 計	前 進		後 進		合 計			
	発令直後	前進中	発令直前*	後進中		発令直後	前進中	発令直前*	後進中				
50-12-30		6			6		11			11	9	8-30	流水8/10 1.5
31		9			9		3			3	11	2-24	" 9/10 1.5
51-1-2		2			2						17	1-18	" 9/10 2
3		6			6		2			2	64	9-26	" 9/10 2
5	2	1		3	6	1	1	3	4	9	93	15-58	流1.2 定1.2
6		1		4	5	1	1		3	5	58	5-51	定着氷 1.2
7		3	3	4	10		6		10	16	115	11-50	" "
11	1	4		5	10		1		5	6	61	7-20	" "
13	1	1	2	6	10	3	5	1	12	21	176	14-58	" "
17	2	6	1	19	29	5	11	2	30	48	151	15-56	" "
18	2	6		23	32	1	9		33	43	147	16-23	" "
27		4		13	17	2	7	1	9	19	71	6-57	定1.2 流1.3
2-19	1	13		13	27	1	8	1	20	31	124	13-59	流水 1.1
20	4	2	2	5	14	1	7		8	17	119	9-44	" 1.5
21		16		2	18		6		3	9	67	15-20	"
24		1			1		5			5		10-58	
合 計	13	81	8	97	202	15	83	8	137	245	1,283		

* 前進発令直前を意味する。

「ふじ」は就航後5回目および6回目の南極氷海域での活動に際してプロペラ翼の折損事故を経験した。このため、徒に氷塊を船底に巻き込むことのないよう、後部監視員の増強を計って慎重な操船が行なわれている。しかし氷塊巻き込みによるプロペラ翼と氷の接触は避けられず、主回路電流が急昇する時は直ちに出力を下げる等の操作が行なわれている。

主回路電流の急昇によって確認された氷との接触回数は、表-6.3のように、左舷軸で202回、右舷軸で245回であった。これらの表をもとにプロペラと氷の衝突の発生の傾向を見ると次のようなことが言える。

流水域をある程度の船速で連続砕氷する時は、氷を割るというよりも、むしろ氷盤を押し分けて航行する状態になるので、氷塊を船底に巻き込むことも少なく、接触現象は少ない。しかし押のけた氷盤が航跡を埋めもどすように移動し易いので、このような時には接触が生じる。

厚い氷をチャージング砕氷する時には、船首で砕かれた氷塊は船底に入り込んだ後、大部分は船長の前から1/3付近の両舷に浮上する。しかし、船底を沿って船尾へ氷塊が押しやられる場合も当然あり得るであ

う。この現象を確認したわけではないが、結果的にはチャージング砕氷時に大部分の氷塊接触が起っている。

また流水域のチャージング砕氷の際は、前進中に起ることが多いのに対して、定着氷域では前進時の83回に対して、後進時には186回と、後進時に起る場合が圧倒的に多い。これは氷状が悪く、切開かれた航跡水路幅が十分でない場合（船幅の約2倍に達しない時）または水路に対して風が後または横方向から吹きつける時、水路の中に破碎された氷が押寄せてくるので、後進中にこれを巻き込んで氷塊接触を起し易くなるためである。

チャージングの後退し切った時にプロペラ翼切損事故をかつて起したので、この時点での接触に注目してその回数を調査したが、特にこの時点で集中的に発生するわけではないことがわかった。

6.3.2 氷海中のプロペラ負荷

氷海中では当然なこととして、氷の存在のために船の抵抗が増し、船速が低下する。プロペラ回転数がある値に維持しておりながら船速が低下するときは、プロペラのトルクが自由航行時のそれより増加すること

になる。そこで、自由航行時の所要軸トルクに対して、氷海中で実測された、対応する回転数の時のトルクの比を「プロペラ負荷倍率」と呼ぶことにする。

流域で連続砕氷する時のプロペラ負荷倍率を氷量に対してプロットすると図-6.11 のようになる。この氷量は目測の観測値であって、厳密な定量値ではないが、一応氷量観測値に比例してプロペラ負荷倍率が増加している。すなわち、船速が氷量により低下することを意味している。参考のために各氷量の時の平均船速を同時にプロットした、唯この平均船速値には軸回転数のバラツキによる誤差が多分に含まれたままである。

チャージング砕氷時の氷の厚さで同様な整理をすると図-6.12 のようになる。唯横軸の氷の厚さは公式観測記録の値を流用したものであって、実際には刻々と氷状は変化するので必ずしも正確な厚さではないが、

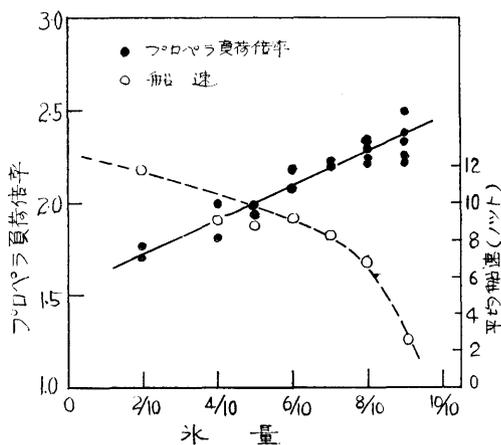


図-6.11 氷量に対するプロペラ負荷倍率と船速

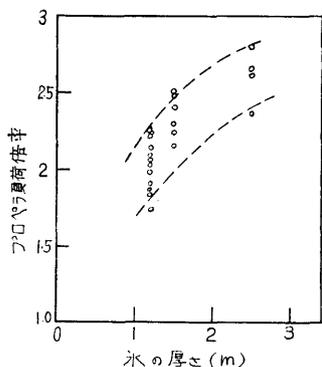


図-6.12 氷の厚さとプロペラ負荷倍率

氷の厚さにより所要トルクが増加する傾向はうかがわれる。

チャージング砕氷時に実測された、多くの連続記録の中から、軸回転数とその時のトルク値をとり出して整理すると図-6.13 のようになる。この図中の実線は平水中の実測データを基に引いた自由航走時の基準の軸トルク対回転数の関係である。また本船のプロペラ単独性能曲線のKQから ($KQ=0.36/J=0$) ボラード状態のトルク値を求めると、図中の点線が得られる。

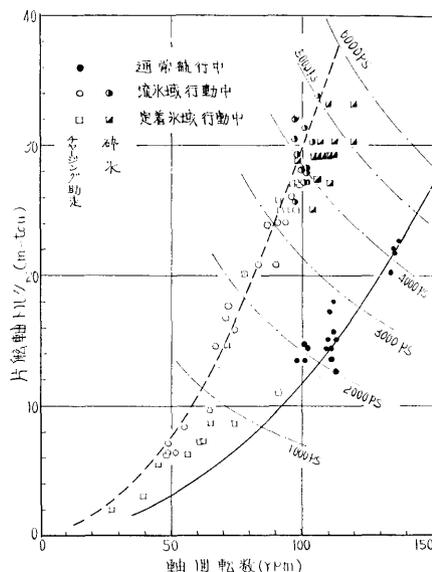


図-6.13 各種行動中の軸トルクと軸回転数

実測の各点は自由航走時のトルクより遥かに高く、氷海行動中はボラードトルクに近い状態にあることがわかる。唯定着氷のチャージング助走時には比較的低いトルク条件が見られるが、これは開氷した航跡水面が比較的ク리어であって、助走が容易であったためかも知れない。これに対して流氷域での助走では殆んどボラードトルクを示している。

またボラードトルクよりも高い値をしめす例もあるが、船体が後進中で前進回転の場合、またはアイスクリーム状氷がプロペラに巻き込まれた場合が想像されるが、確認には至っていない。

6.4 機関部の運転実績

表-6.4に各主要機械の使用時数と燃料消費等の各航路別の実績を示す。表中の機関実速とは、平均の毎分軸回転数をもとに公試運転時の速力曲線から算出した

表-6.4 主機使用実績および燃料等消費量

大洋航行 1.4号主機を主として使用、冰海航行 1.2.3.4号主機使用

		航 海						停 泊				総合計			
		東京 フリアントル	フリアントル 氷緑	氷海中	氷緑 ポトルイス	ポトルイス シンガポール	シンガポール 東京	合計	フリアントル	ポトルイス	シンガポール		合計		
航海時間	h-m	381-56	345-42	1343-15	354-17	315-20	236-45	2977-15					2977-15		
航走時間	h-m	380-09	325-53	155-49	314-53	309-55	236-16	1722-55					1722-55		
停泊時間	h-m								122-07	166-59	187-12	476-18	476-18		
航走距離	Mile	4707.3	3703.1	186.7	3373.5	355.2.2	2995.0	18517.8					18517.8		
平均速力	Kt	12.4	11.4	1.2	10.7	11.5	12.7	平均 10.7					平均 10.7		
平均毎分回転数	RPM	110.0	100.0	69.8	90.7	101.7	107.8	96.6					96.6		
平均機関実速	Kt	12.9	11.9	8.5	10.9	12.1	12.7	11.5					11.5		
機関航走距離	Mile	4903.9	3878.0	1324.4	3432.2	3750.0	3000.6	20289.1					20289.1		
主要機械使用時間	主機	1号	h-m	366-45	267-45	171-00	318-00	305-15	237-30	1666-15	0	0	0	0	1666-15
		2号	h-m	82-15	74-45	174-00	9-15	10-45	107-30	458-30	0	0	0	0	458-30
		3号	h-m	84-15	67-15	168-45	12-00	10-15	98-15	440-45	0	0	0	0	440-45
		4号	h-m	367-45	268-00	170-45	310-30	314-15	219-30	1650-45	0	0	0	0	1650-45
		計	h-m	901-00	677-45	684-30	649-45	640-30	662-45	4216-15	0	0	0	0	4216-15
	補機	1号	h-m	268-00	183-00	228-30	264-30	184-15	138-00	1266-15	10-00	46-45	158-30	215-15	1481-30
		2号	h-m	333-45	77-15	416-45	224-00	311-15	239-00	1602-00	113-00	96-15	4-45	214-00	1816-00
		3号	h-m	136-30	148-45	912-15	89-45	185-00	126-30	1598-45	0	21-45	0	21-45	1620-30
		計	h-m	738-15	409-00	1557-30	578-15	680-30	503-30	4467-00	123-00	164-45	163-15	451-00	4918-00
	缶	1号	h-m	0	68-00	656-15	138-30	0	0	862-45	0	0	0	0	862-45
		2号	h-m	139-15	192-30	692-15	189-15	154-00	124-45	1492-00	0	0	0	0	1492-00
		3号	h-m	87-45	36-15	0	19-45	152-00	40-30	336-15	40-15	46-45	46-45	133-45	470-00
		計	h-m	227-00	296-45	1348-30	347-30	306-00	165-15	2691-00	40-15	46-45	46-45	133-45	2824-45
	造水機	1号	h-m	137-45	181-00	553-00	187-45	154-00	123-15	1336-45	0	0	0	0	1336-45
		2号	h-m	137-45	190-30	643-00	180-30	152-00	123-15	1427-00	0	0	0	0	1427-00
		計	h-m	275-30	371-30	1196-00	368-15	306-00	246-30	2763-45	0	0	0	0	2763-45
燃料消費量	主機	Kl	368.5	253.6	163.2	169.3	192.3	263.5	1410.4	0	0	0	0	1410.4	
	補機	Kl	51.5	44.4	128.1	46.5	56.2	44.6	371.3	9.1	16.7	19.1	44.9	416.2	
	缶	Kl	38.5	60.7	233.8	60.3	41.5	33.3	468.1	1.5	1.5	2.6	5.6	473.7	
	合計	Kl	458.5	358.7	525.1	276.1	290.0	341.4	2249.8	10.6	18.2	21.7	50.5	2300.3	
水消費量	ボイラ水	ton	23.5	30.3	192.4	65.7	33.2	27.3	372.4	4.6	7.2	4.6	16.4	388.8	
	飲雑水	ton	471	398	1479	509	427	368	3652	298	293	247	838	4490	
	計	ton	494.5	428.3	1671.4	574.7	460.2	395.3	4024.4	302.6	300.2	251.6	854.4	4878.8	

注. 主機機……推進発電機用機関 補機機……主発電用機関

ものであり、また機関航走距離とは軸の積算回転数より算出したものである。

大洋航行時において、時間短縮のための増速時および低気圧避航時以外は、1、4号主機のみ使用の2機運転で航行したため、2、3号主機運転時数約450時間に対し、1、4号主機の運転時間数は約1,660時間と約3.7倍になっている。

全航程の平均船速は、10.7 Knot で、全航走距離18,517.8マイルに対し、軸積算回転数から算出した機関航走距離は20,289.1マイルであった。

全燃料消費量2,300.3kℓに対する主機関の燃料消費量は1,410.4kℓであり、その割合は61.3%である。また航走距離1マイルに対する燃料消費量は0.076kℓの割合であった。

以上の結果は、全航程の平均であり当然大洋航行中と氷海航行中とは、その数値に大きな差が認められる。表-6.4に示した諸数値を大洋航行時と氷海航行時とに分類比較したものが表-6.5である。

表-6.5 大洋航行時と氷海航行時の航走距離、燃料消費料等の比較

	大洋航行時	氷海航行時
航 走 時 間	1,576 h—06m	155 h—49m
平 均 速 力	11.7 K T	1.2 K T
航 走 距 離	18,331.1mile	186.7mile
機関航走距離	18,964.7mile	1,324.4mile
主機燃料消費量	1,247.2kℓ	163.2kℓ
全航程に対する航走割合	98.99%	1.01%
全航程燃料消費量に対する燃料消費割合	88.43%	11.57%

全航程18,517.8マイル中、氷海中の航走距離は186.7マイルとわずか1.01%であるのに対し、燃料消費量は、全消費1410.4kℓの内163.2kℓと11.57%の量を消費している。すなわち大洋航走中は1マイル当りの燃料0.068kℓであったものが、氷海中では1マイル当り0.878kℓと距離当り約13倍の燃料を要している。

さらに氷海航行のうち、定着氷チャージング砕氷時の進出距離と燃料消費量とをとり出すと、表-6.6のようになる。これによるとチャージング砕氷時は平均進出距離1マイル当り燃料を13.9kℓ要したことになる。

船内電源用発電機は、通常各区画と発電設備とを組

表-6.6 定着氷チャージング砕氷時の航走距離と主機関燃料消費

年月日	チャージング回数	航走距離 マイル	主機関燃料消費量 kℓ
51.1.6	58	0.8	5.8
7	115	0.8	11.7
11	61	0.4	7.5
13	176	0.9	16.7
17	151	1.2	17.5
18	147	1.3	19.0
27	71	0.8	8.0
計	779	6.2	86.2

合せた区分運転を行っているが、大洋航行中において低負荷時、特に保安上問題のない場合は全通運転として燃料および発電機運転時間の節約を計っていた。

また、全航海を通じて1日使用量30トンの真水の使用管制を実施して、造氷装置運転時間の短縮とこれにともなう燃料の節約を計った。(10トンの造水量に対し、燃料使用量約1トン)

全燃料消費量に対する各機械別の消費割合は停泊中も含めて、主機関61.3%、補機(発電機)18.1%、缶20.6%であった。

6.5 機関の保守及び故障

6.5.1 氷海停泊中の機関の保守

氷海上において停泊中の主機関および舵機は、暖油による暖機を常時実施し、機関温度を20~30℃に保ち(燃料節約のため長期停泊状態時には10~15℃)毎日2回ターニングを行い当直交替時にはエアークレーンを実施し、また毎日1回燃料ポンプラックの作動を確認、シリンダヘッド、ボンネット内の点検を行い1月26日にはシリンダ内に水が混入しているのを発見し事故を未然に防止した。

主機関整備作業中は常に他の1機は使用可能な状態に保って作業を行っていた。

氷海停泊中に行った主な整備作業を下記に示す。

- (1) No. 3, 4 主機関の燃料弁抜出し、清掃手入れおよび圧力テスト。
- (2) No. 3, 4 主機関クランク室細部点検
- (3) No. 3 発電機機関クランク室点検
- (4) No. 3, 4 主機関およびNo. 3 発電機機関動弁装置の点検
- (5) 各機関の潤滑油交換
- (6) 全主機関のクーラーおよびインタークーラー保護亜鉛点検, 40%以上腐食のものは換装

表-6.7 機関関係故障リスト (その1) 推進装置関係

年月日	故障欠損箇所	故障欠損の概要	原因	処置	復旧に要した人/時
50. 11. 27	4号推進用発電機冷却器冷却海水管	漏水	腐食	当金溶接	4/4
28	4号主機機後部副冷却器冷却海水管	漏水	腐食	肉盛溶接	4/3
29	1号主機燃料噴射弁冷却器冷却海水管	漏水	腐食	肉盛溶接	2/1
12. 4	2号主機機 13番燃料噴射弁	燃焼不良	1/2孔閉塞	予備品と換装	2/1
8	1号主機機 後部副冷却器 出口排気管	き裂	老朽	溶接	2/2
9	1号主機機冷却海水ポンプイニング締め付けボルト	折損 (12本中 3本)	腐食	ボルト交換	6/5
19	4号主機機 オバースピードカバー	駆動軸及び同ブッシュ焼損	注油管の継ぎ目注油不足	予備品と換装	5/8
19	2号主機機 13番燃料ポンプ	過熱	燃料噴射弁不良	予備品と換装	2/2
24	2号主機機 12番燃料ポンプ	過熱	フランジカバー欠損	予備品と換装	2/1.5
28	2号主機機 6番シンククワイフ及び14番ピストン、進排弁及びシンククワイフ	6, 14番クワイフ部欠損 14番ピストンスラスト部欠損 14番進排弁の欠損	14番燃料噴射弁の冷却水漏えいによる水圧降	予備品と換装	11/18
28	4号主機機 1, 10, 13, 14番クワイフヘッドナット	ガス漏れ	ガスケット不良	予備品と換装	9/9
30	1号主機機 1番燃料ポンプ	フランジ固着	不明	予備品と換装	2/1
51. 2. 23	2号主機機 13, 14番燃料ポンプ	ラック部より漏油	工作不良	予備品と換装	2/1.5
23	1号主機機 12番及び2号主機機 6番燃料噴射弁	シリンダ本体取り付け部より漏油	工作不良	予備品と換装	2/1
3. 4	2号主機機 3. 9番燃料噴射弁	冷却水漏えい	1/2バルブパッキン破	予備品と換装	3/1
10	4号主機機 1番シンクヘッド	ガス漏れ	締め付け不良	増締め	3/1.5
22	13号推進用発電機冷却器冷却海水管	冷却水漏えい	腐食	溶接	6/1
4. 9	3号主機機潤滑油系	油圧低下	ゴム抜き取付	予備品と換装	4/3
16	1号主機機 2. 12番燃料噴射弁	燃焼不良	噴霧不良	予備品と換装	2/1

表-6.8 機関関係故障リスト (その2) 補機関係

年月日	故障欠損箇所	故障欠損の概要	原因	処置	復旧に要した人/時
50. 11. 28	3号補助ボイラ燃料ポンプ	異音発生	摩耗	予備品と換装	2/2
12. 28	1号造水装置付属ポンプ	玉軸受破損	取付け不良	予備品と換装	3/7
51. 1. 3	3号発電機原動機 2番シンクヘッド	軸弁装置クランク締め付けスクリュー折損	スタートボルトのゆるみ	ヘッド部予備品換装	3/4
8	1号補助ボイラ給水ポンプ	潤滑油に給水混入	給水パイプフランジ破	パイプフランジ換装	2/8
2. 17	1号造水装置付属ポンプ (ドレン)	吐出圧力低下	インペラの目づまり	清掃	2/3
18	3号発電機原動機潤滑油圧力調整弁	折損	振動	溶接	2/1
19	1号発電機原動機潤滑油冷却器カバー	潤滑油漏えい	パンチングの不良	予備品と換装	2/1.5
29	2号造水装置付属ポンプ (ドレン)	吐出圧力低下	インペラの目づまり	清掃	2/3
3. 10	3号消火海水ポンプ 舷外吐出管	破孔	腐食	当金溶接	4/1
10	2号発電機原動機 2. 3. 4番噴射弁	燃焼不良	噴霧不良	予備品と換装	2/1.5

その他

50. 11. 29	洗濯機減速歯車	セットボルト折損	工作不良	ボルト新管調整	2/4
12. 8	第3冷凍冷蔵庫隔壁温度計	示度不良	調整不良	予備品と換装	2/2
10	第3冷凍冷蔵庫膨張弁	作動不良	針弁の固着	予備品と換装	2/1
16	1番汚物処理タンク水位検出アーム (2分)	作動不良	海水浸入による電動機腐蝕	予備品と換装	4/6
20	1, 2号冷房用冷却海水ポンプ吸入管	漏えい	腐食破孔	当金溶接	3/4
23	1番汚物処理タンク異音検出アーム用電動機玉軸受	異音発生	玉軸受摩耗	予備品と換装	3/4
26	左舷起機式マツ油圧装置	作動不良	調整不良	調整	3/4
51. 3. 5	13号排気ファン電動機玉軸受	異音発生	玉軸受摩耗	予備品と換装	4/5
16	第2冷凍冷蔵庫膨張弁	作動不良	弁固着	予備品と換装	2/1
16	2号内火継ぎ機 R-1番シンクヘッド	過熱	ジャケット閉塞	予備品と換装	4/3

(7) No. 3 発電機機関LOクローラー側蓋パッキン取替え

(8) 各機関の燃料および潤滑油こし器掃除

(9) 各ボルト類のゆるみ点検

以上の他に、配管類の凍結防止のため、真水関係は真水タンク内に常時蒸気を給入し、また不使用の各管は水抜きを実施していた。

6.5.2 機関関係の故障

本航海において発生した機関関係の故障は、推進装置関係37件、補機発電機、ボイラ、造水機等の補機関係15件、その他12件であった。

推進装置関係の故障発生件数を月別に分けると、11月～12月25件、1月～2月4件、3月～4月8件で、出港後氷海までの往航時にその発生件数は集中している。故障の種類としては、冷却器用海水管の老朽による腐食き裂が多く18件発生している。振動による主機関各部への注油パイプの破損事故も多く、12月19日の主機関オーバースピードガバナーの注油管破損事故は、同ガバナーの軸受部焼損事故に至っている。

復旧修理に要する工数が30人時以上の事故が4件発生しており、12月28日には2号主機関6番シリンダーライナーの下部欠損、また14番シリンダーライナー下部欠損、ピストンスカート部欠損、連接棒わん曲事故が発生して、復旧修理に11人/18時間を要した。原因は、14番シリンダカバーの破損により燃料噴射弁冷却水が大量に燃焼室内に漏えいしたためである。

表-6.7および表-6.8に復旧修理に2人/1時間以上を要した機関関係の故障リストを示す。

船内における各部署からの要求による修理工作は溶接作業が最も多く69件2,163.5人時で、諸配管の溶接肉盛り作業が比較的が多かった。また復航時に1件36人/22時間の木工作業があるが、これは運航とは無関係の別な作業である。

表-6.9に船内工作の実績を示す。

表-6.9 船内工作実績

	東京～氷海 50.12.19～50.12.28		氷海中 50.12.31～51.1.24		氷海～東京 51.2.25～51.4.19		合計	
	件数	工数 人時	件数	工数 人時	件数	工数 人時	件数	工数 人時
溶接	15	19/24	4	5/2	4	5/2	23	29/28
ガス	20	20/15.5	11	10/4	15	21/7	46	51/26.5
機械	4	4/16	7	7/25	5	7/8	16	18/32.5
手仕上	5	11/6.5	6	6/5	2	1/1	13	18/12.5
板金	2	3/2	1	1/2	0	2/4	3	6/8
木工	0	0	1	1/1	1	36/22	2	37/23
合計	46	57/64	30	30/22.5	27	72/44	103	159/130.5

6.6 砕氷船の機関の考察

6.6.1 氷海中での常用最大出力

軸トルク及び軸回転数の実測結果から、氷海中での常用最大出力（第4強速）は片舷軸について次のようになる。

軸回転数：約 105 [rpm]

軸トルク：約 30 [m-Ton]

軸出力：約4,400 [ps]

発電機と電動機の効率を試運転成績を参考にして、それぞれ93.5%とすれば、ディーゼル機関1基当りの軸出力は次のようになる。

$$4,400[\text{ps}] \times 1/2 \times 1/0.935 \times 1/0.935 = 2,516[\text{ps}]$$

本機関の定格最大出力(10/10)は3,500馬力であるので、上記2,516馬力は定格の72%負荷ということになる。この常用最大出力値は、同時計測された機関関係諸成績と、公試成績を対比することによってもその妥当性は裏付けられる。

6.6.2 ディーゼル機関の出力の余裕度

一般に船用主機関は信頼性を確保することが至上命令であって、その意味で運航中に不測の故障があってはならない。そこで運用者としては主機の最大定格出力よりも相当低い所を常用出力として使用するのが常であるが、本船の場合も氷海域での常用最大出力を前述のように約70%負荷としている。

ところで本船の機関は6.2で述べたように氷海中では無負荷から常用最大出力の間を急激に操作し、またこれを頻繁に繰返すことが操船上余儀なくされている。この様な状態は通常の商船用主機関では全く考え及ばない苛酷な運転条件といえよう。すなわちディーゼル機の構造部材、特に火焰にさらされる部分の熱負荷が絶えず過渡状態になるために、大きな繰返し熱応力が生じることになり、耐熱強度の面からは甚だ不利な条件で使用されていることになる。

そこで本船のディーゼル機関のこれまでの故障経歴を調査すると、ピストン、シリンダーライナーの欠損、さらにはシリンダカバーにき裂が入り、冷却水がシリンダ内に漏出して、コネクティングロッドを曲損するなど、重大な故障が数多く発生したことが記録されている。また今次航においても6.5.2でふれたように全く同様な故障が引続き発生した。

以上のような実績を見る時、本船の場合、ディーゼル機関自体に若干の問題がないでもないが、結果的に約70%負荷を常用最大出力として使用することに若干無理があったのではないかと考えられる。特殊船とし

ての砕氷船の主機ディーゼル機関は、操船上の要求からくる苛酷な運転条件からして、常用出力に対する定格最大出力には相当の余裕を持たせることが必須の要件になるであろう。要は繰返し熱負荷変動に強い機関が望まれることになる。

6.6.3 望ましい機関出力特性

本実測調査或はこれまでの運転実績からみて、最も苛酷なプロペラ負荷は次のような状況である。氷海中の第4強速で、軸トルク約30m-ton、軸回転数100回転前後で前進回転中、プロペラに氷が接触して軸回転数は殆んど変らぬままに軸トルクが50~60m-tonに急昇する。この時トルクにほぼ比例して主回路電流計指示値も急昇するので、手動により直ちに出力を下げる操作が行なわれるが、この操作を考慮してもプロペラに氷が接触している時間は瞬間乃至2秒を越えることはない。

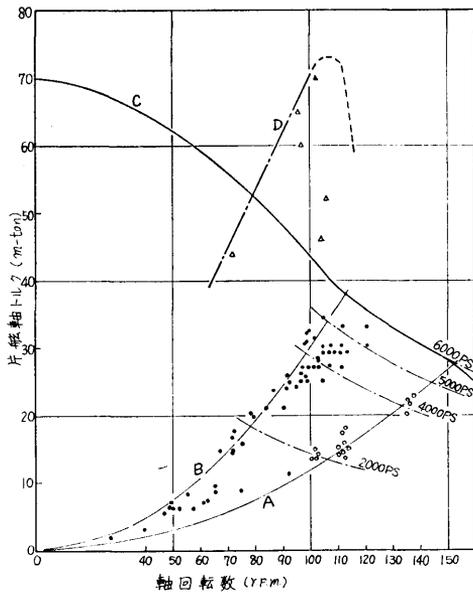


図-6.14 軸回転数に対する軸トルクの実績

本船の計画時に予想したプロペラ負荷、それに従って設定された推進電動機の出力トルク特性は図-6.14のC線のようにになっている。すなわちプロペラ翼が氷盤に噛込んで回転トルクが増すと回転数が下ってくるが、回転が停止する時には平水中の定格トルクの2.5倍まで出せるような設計となっている。しかし実際の氷海行動中にプロペラ翼が氷と接触した時は、瞬間的ではあるが図-6.14のD線の範囲のピークトルクが発

生するが、当初予想のようなC線に沿って回転が低下して行く現象は未だ経験されていない。

これは本船のように2米前後の砕氷能力に対して、プロペラが十分に深い位置にある場合は、プロペラに接触する氷はあまり大きなものではなく、瞬間的な衝突によって排除できるためと思われる。一方プロペラが比較的浅い所に位置するような砕氷船の場合は、大きな氷盤の中でプロペラ翼が氷を連続的に掻き取るような状態が起って、本船の当初計画のようなトルク特性が要求されることになるのかも知れない。

したがって本船のように十分なプロペラ深度を持った大形砕氷船の場合は、当初計画のような出力トルク特性よりも、むしろ氷海中常用回転数のボラードトルクの更に2乃至3倍のトルクに比較的短時間ではあるが耐えられるような余裕を持たせることが最も重要な要件と思われる。

7. 結 論

南極観測支援行動に調査員が同行することによって、砕氷艦「ふじ」の行動を始終親しく調査することができたが、南極海域の気象、氷状等とともに、特に重点項目とした機関関係の実態を明らかにすることができたことは、大きな成果であると考えられる。

本調査で特に機関関係で新たに得られた認識としてその主なものを挙げると次のようになる。

(1) 氷海行動中のプロペラ負荷は種々の条件はあるものの、当初計画時に予想されたように、ほぼボラード状態の負荷と考えてよい。

(2) 南極海域では一定厚さに全面結氷した所を、一定速力で連続砕氷するという状況は殆んどなく、大部分はチャージング砕氷或はそれに準ずる行動が主体となるので、機関負荷変動が極めて大きくなる。

(3) プロペラと氷の接触は、プロペラ翼の氷塊との衝突という瞬間的現象としてのみ現れる。その際軸には、ねじり自然振動数に相当する振動が発生するとともに軸トルク値自体もボラード状態の2倍から3倍まで瞬間的にはね上げる現象があらわれる。

(4) したがって当初計画時に予想されたように、プロペラが氷に拘束されて準定常状態のままトルクの増大と軸回転数が停止に到るまで減少してくるという状況は殆んど起り得ないことが確認された。しかし船の大きさ、プロペラの水線下の位置、氷の状況等「ふじ」とは異なる条件のもとでは当初計画のようなプロペラ負荷の生じ得ることも想像に難くない。

(5) 「ふじ」発電用主機ディーゼル機関の氷海中での常用最大出力は最大定格馬力の約70%前後で使用されている。しかし頻繁に且つ急激な前後進がこの負荷のもとで繰返されることを考えると、現実には発生した多くの故障実例を挙げるまでもなく、極めて荷酷な使用状態にあるといえよう。最も信頼性が要求される主機ディーゼル機関の立場から、今後計画される砕氷船の主機としてはその出力余裕度のあり方には十分な考慮が払われる必要がある。

8. あとがき

「ふじ」は自衛艦として建造以来10年余にわたって海上自衛隊のもとで管理運営されてきた。その間年毎に「ふじ」の行動経過の詳細が報告されてきたが、機

関関係については機関運用規準に基づいて操縦された運転実績報告が主体であって、プロペラ負荷を技術的に解明するに足る資料は皆無であった。しかし本調査により始めて砕氷船のプロペラ負荷の実態の、しかもその輪郭を把握することができたものといえよう。

在来の実績を次のステップに生かすことは技術の前進にとって常套手段であろう。その意味で今後の極地行動船舶を云々するに当っては、唯一の貴重な実績である「ふじ」の状況を、技術的により十分に追及することが何を措いても急務と考えられる。

おわりに今次調査の実現に種々御配慮を戴いた、文部省南極本部、国立極地研究所、また調査実施に御協力を戴いた海上自衛隊その他関係の各位に対し仲心より謝意を表します。